

**SIMULACIÓN EN UN ENTORNO VIRTUAL DE UN ESTACIONAMIENTO DE  
BICICLETAS EN LA UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA**

**PILAR ESTEFANI ACOSTA OTÁLORA  
LINA MARÍA LEÓN CEBALLOS**

**UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECATRÓNICA  
BOGOTÁ D.C  
2016**

**SIMULACIÓN EN UN ENTORNO VIRTUAL DE UN ESTACIONAMIENTO DE  
BICICLETAS EN LA UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA**

PILAR ESTEFANI ACOSTA OTÁLORA  
LINA MARÍA LEÓN CEBALLOS

**MONOGRAFÍA DE TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TITULO DE  
INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**Director**

Ing. Baldomero Méndez

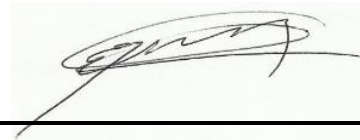
**Co-director**

Ing. Oscar Fernando Avilés

**UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECATRÓNICA  
BOGOTÁ D.C  
2016**

## Nota de Aceptación

El trabajo de grado, titulado “**SIMULACIÓN EN UN ENTORNO VIRTUAL DE UN ESTACIONAMIENTO DE BICICLETAS EN LA UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA**” elaborado y presentado por las estudiantes Pilar Estefani Acosta Otálora Y Lina María León Ceballos, como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Mecatrónico, fue aprobado por el Jurado Calificador.



---

Director del Proyecto

Bogotá D.C 3 de mayo de 2016

Dedico este proyecto a mis padres Patricia Otálora T y Fernando Acosta S, quienes siempre me han brindado su apoyo y compañía incondicional, por darme la oportunidad de demostrarles que se puede crecer personal y profesionalmente superando cualquier obstáculo, por creer en mí para lograr cumplir cada una de mis metas. A mi hermano Carlos Acosta O por estar siempre pendiente de mí y de mi progreso.

A mis compañeros que me acompañaron durante toda la carrera y en especial a Erick Torres por brindarme su total apoyo, tiempo, paciencia y que ahora me brinda su compañía desde el cielo.

PILAR ESTEFANI ACOSTA O.

Este proyecto lo dedico principalmente a Dios, por ser mi guía y mi compañía en cada una de las etapas de mi vida.

A mi madre Marlene Ceballos quien siempre ha estado conmigo, apoyándome y quien ha puesto toda su confianza en mí, contribuyendo en mi formación profesional y personal, a mi padre Guillermo León por su apoyo y dedicación. A mis hermanos, Juan Carlos y Maryluz por sus conocimientos y soporte. A mis sobrinos Juan Camilo, Juan David y Juan Esteban.

A mi tía Mary León, quien siempre ha puesto su confianza en mí, y me ha dado su apoyo incondicional en todo momento.

A Ricardo Guerrero por brindarme siempre su acompañamiento, su confianza y ser mi soporte diario.

LINA MARÍA LEÓN C.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos al Ingeniero Baldomero Méndez por su acompañamiento, y colaboración para el progreso de este proyecto, ya que gracias a sus conocimientos y sugerencias se logró realizar un trabajo fundamentado.

Agradecemos al Ingeniero Oscar Avilés y al Ingeniero Rubén Hernández por su colaboración y conocimiento brindado hacia nosotras para el desarrollo de esta tesis.

Agradecemos a nuestros docentes que con sus enseñanzas influyeron en nuestro desarrollo profesional y fueron una guía en esta etapa de nuestras vidas.

## **RESUMEN**

El documento se encuentra dividido en cinco capítulos, en el primero se hace una introducción del proyecto, se da a conocer la problemática a la cual se le busca una posible solución, se hace un breve recuento de los proyectos que se han desarrollado en diversas partes del mundo, conociendo los autores, la problemática que los llevo a realizar este tipo de propuesta. Así mismo en el capítulo se encuentran los objetivos propuestos, la finalidad que tiene el proyecto, los alcances que se desean tener con el proyecto y limitaciones que se pueden presentar en el transcurso del desarrollo. También se presentan los conceptos teóricos, cómo identificar un proceso manual y uno automatizado, la realidad virtual para que el lector logre comprender los conceptos que se vienen presentando en el documento.

En el segundo capítulo se encuentra el desarrollo de la propuesta, el análisis de necesidades por medio del QFD, la arquitectura del proyecto de acuerdo a cada una de esas necesidades o requerimientos de los usuarios concluidos por la casa de la calidad. A su vez se da a conocer cómo es el diseño en cada uno de los mecanismos, tanto en la parte mecánica, eléctrica y de control con su sistema de supervisión. Se ofrece una explicación de cada uno de los programas necesarios para el desarrollo óptimo de la actividad y una ilustración más detallada de cómo fue el uso de cada uno de los software.

En los tres últimos capítulos se muestran cada uno de los resultados obtenidos de acuerdo a la simulación y las recomendaciones dadas por los autores para cuando el proyecto sea implementado en la Universidad Piloto de Colombia., los problemas presentados durante el progreso del proyecto, las conclusiones y los impactos.

## **ABSTRACT**

The document is divided in five chapters, in the first one an introduction of the project is done, there is announced the problematics to which a possible solution is looked, there is done a brief inventory of the projects that have developed in diverse parts of the world, knowing the authors, the problematics that it lead them to realizing this type of offer. Likewise in the chapter they find the proposed aims, the purpose that has the project, the scopes that are wanted to have with the project and limitations that they can present in the course of the development. Also the theoretical concepts are presented, how to identify a manual process and the automated one, the virtual reality in order that the reader manages to understand the concepts that they come presenting in the document.

In the second chapter finds the development of the offer, the analysis of needs by means of the QFD, the architecture of the project of agreement to each of these needs or requirements of the users concluded by the Quality Function Deployment. Also there is announced how it is the design in each of the mechanisms, so much in the mechanical, electrical part and of control with his system of supervision. The authors offer an explanation of each one of the programs necessary for the ideal development of the activity and one more detailed illustration of how it was the use of each one of the software.

In the last three chapters there appear each of the results obtained of agreement to the simulation and the recommendations given by the authors for when the project is implemented in the Universidad Piloto de Colombia., the problems presented during the progress of the project, the conclusions and the impacts.



## TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	15
1.1	PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	16
1.1.1	Descripción del Problema	16
1.1.2	Formulación del Problema	17
1.2	JUSTIFICACIÓN	17
1.3	ESTADO DEL ARTE	18
1.4	OBJETIVOS	23
1.4.1	Objetivo General	23
1.4.2	Objetivos Específicos	23
1.5	ALCANCES Y LIMITACIONES	24
1.6	LÍNEA DE INVESTIGACIÓN DE PROGRAMA	24
1.7	MARCO TEÓRICO	25
1.7.1	Historia de la bicicleta	25
1.7.2	Realidad virtual	28
1.7.3	Despliegue de La Función De Calidad (QFD)	28
1.7.4	Controladores lógicos programables (PLC)	31
1.7.5	Diseño Asistido por Computador (CAD)	33
1.8	DISEÑO METODOLÓGICO PRELIMINAR	33
1.9	RECURSOS	34
1.10	MARCO LEGAL	35
2	DESARROLLO INGENIERIL	36
2.1	PROPUESTA DE ESTACIONAMIENTO DE BICICLETAS AUTOMATIZADO	36
2.1.1	Análisis de Necesidades	36
2.1.2	Características de Calidad	36
2.1.3	Matriz de Relaciones	37
2.2	ARQUITECTURA DE PROPUESTA	38
2.2.1	Consideraciones de diseño	39
2.2.2	Funcionamiento del Sistema	40
2.3	DISEÑO MECÁNICO DEL SISTEMA DE ENTREGA Y RECEPCIÓN	44
2.3.1	Cálculo de la Banda Transportadora	45

2.3.2	Cálculos de la Estructura	62
2.4	DISEÑO Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL Y VISUALIZACIÓN	66
2.4.1	Diseño del Sistema Control	67
2.4.2	Diseño de los Programas de Control	72
2.4.3	Sistema de Supervisión y Visualización	73
2.5	SIMULACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL PARQUEADERO	78
3	VALIDACIÓN	81
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	83
5	BIBLIOGRAFÍA	84

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Parqueadero para bicicletas estación de Las Aguas	17
Figura 2. Bicicletas públicas sistema EnCicla	19
Figura 3. Aparcamiento en torre Nash Motors Company	20
Figura 4. Parqueo robotizado Medellín ECOPARKING	20
Figura 5. Modelo parqueadero biceberg	21
Figura 6. Eco-Cycle Estacionamiento subterráneo para bicicleta	22
Figura 7. Estacionamiento automatizado para Bicicletas Bicilock	23
Figura 8. Evolución de la bicicleta	25
Figura 9. Rutas para las bicicletas en Bogotá	26
Figura 10. Diagrama casa de la calidad	29
Figura 11. Casa de la calidad para el estacionamiento	37
Figura 12. Diseño Propuesto del Estacionamiento	38
Figura 13. Dimensiones y Capacidad del Diseño Propuesto	39
Figura 14. Estructura externa del estacionamiento	40
Figura 15. Plataforma de elevación	41
Figura 16. Acceso del vehículo	42
Figura 17. Ubicación del vehículo	42
Figura 18. Ingreso de tarjeta para retiro de la bicicleta	43
Figura 19. Retiro de la bicicleta de su estacionamiento	43
Figura 20. Bosquejo Perfil en C	44
Figura 21. Bosquejo Perfil en C Tipo I	45
Figura 22. Factores para calcular el margen compensatorio de seguridad	49

Figura 23. Diagrama de cuerpo libre del eje con carga mínima	59
Figura 24. Diagrama momento flector y fuerza cortante eje con carga mínima	59
Figura 25. Diagrama de cuerpo libre del eje con carga máxima	60
Figura 26. Diagrama momento flector y fuerza cortante eje con carga máxima	60
Figura 27. Carga distribuida de la viga	63
Figura 28. Diagrama momento flector y fuerza cortante de la viga	64
Figura 29. Conexión de los elementos con el PLC	68
Figura 30. Configuración del sistema en CoDeSys	70
Figura 31. Parámetros de Comunicación de CoDeSys	70
Figura 32. Configuración CoDeSys	71
Figura 33. Configuración CoDeSys	71
Figura 34. Programa desarrollado en CoDeSys	72
Figura 35. Simulación en línea del sistema de supervisión	73
Figura 36. Programas y archivos abiertos	74
Figura 37. Conexión OPC en FluidSim	75
Figura 38. Inicio de sesión Proyecto en CoDeSys	76
Figura 39. Simulación con CoDeSys	76
Figura 40. Verificación de la conexión	77
Figura 41. Simulación del proyecto	78
Figura 42. Ingreso del vehículo al estacionamiento	80
Figura 43. Estacionamiento del vehículo en posición designada	80
Figura 44. Perfil en I tensiones	81
Figura 45. Perfil en I desplazamientos	82
Figura 46. Perfil en I deformaciones unitaria	82

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tabla comparativa dimensiones bicicletas	39
Tabla 2. Tabla comparativa sistema de transmisión.	46
Tabla 3. Tabla de capacidad cadena estándar sencilla de rodillos o 25 paso $\frac{1}{4}$	50
Tabla 4. Coeficientes de fricción	54
Tabla 5. Propiedades del material de la banda	54
Tabla 6. Propiedades físicas del acero	55
Tabla 7. Resistencias mínimas a la tensión y a la fluencia	57
Tabla 8. Parámetro factor de modificación	58
Tabla 9. Software de Diseño 3D	79

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Peso Actuador AEVULQ/AEVULQZ	88
ANEXO B. Motores Eléctricos Siemens	89
ANEXO C. Especificaciones motor 1LA7 070-	90
ANEXO D. Dimensiones de los Piñones INTERMEC paso ¼"	91
ANEXO E. Propiedades Acero 1045	92
ANEXO F. Propiedades actuador AEVULQ/AEVULQZ	93
ANEXO G. Propiedades perfil tipo I	94
ANEXO H. Especificaciones perfil W150x14	95
ANEXO I. PLC Siemens S7-200	96
ANEXO J. PLC Festo CPX 197330	97
ANEXO K. Diagrama de flujo rutina del sistema	98
ANEXO L. Plano Ensamble	99
ANEXO M. Plano Explosionado	100
ANEXO N. Plano Perfil	101
ANEXO O. Plano	102
ANEXO P. Plano Motor	103
ANEXO Q. Plano Sistema	104
ANEXO R. Plano Piñón	105

## 1. INTRODUCCIÓN

Desde hace varios años el número de personas que viven en las principales ciudades ha venido en aumento, por lo que el medio de transporte público tradicional entre los que se encuentran taxis y los diferentes tipos de buses del sistema integrado de movilidad (SITP), han venido colapsando sobre todo en las horas picos como es el caso de la ciudad de Bogotá, incluso para algunos se ha vuelto un verdadero dolor de cabeza, por ello han buscado alternativas cómodas, libres, económicas y por qué no aprovechar y realizar una actividad física mientras se desplazan a sus sitios de trabajo, colegios, y/o universidades, dentro de las alternativas que los transeúntes han optado para desplazarse están las bicicletas; un vehículo que no consume combustible, no produce gases que alteren o sigan contaminando el aire que día a día respiran. Muchas de estas personas han empezado a desplazarse en este medio de transporte, pero muchas otras no lo hacen porque no encuentran los sitios adecuados para parquear, teniendo así que dejarlas en lugares con alto nivel de inseguridad como lo son las calles, donde podrían ser golpeadas, desvalijadas o hurtadas, generando así temor y/o desconfianza al usuario.

Por esta razón el presente documento da a conocer una breve solución a esta problemática realizando un estudio para la implementación de un parqueadero de bicicletas en un entorno virtual y de manera simulada, la simulación cuenta con el aparcamiento de cada cicla de manera segura, individual y autónoma, en un entorno apropiado y con las dimensiones adecuadas, aprovechando la estructura física de forma óptima encarrilando ciclas en un espacio de manera vertical. A su vez para mantener un control y generar confiabilidad al usuario, se brinda una tarjeta inteligente el cual presenta la información del propietario y la hora en que fue ingresado su vehículo.

En este proyecto se realiza la simulación de un sistema de elevación diseñado con un riel el cual posee una estructura deslizante, y un mecanismo en forma de pinza, quien se encarga de tomar a presión la rueda delantera del vehículo para darle la estabilidad y seguridad al momento de dirigirlas al espacio asignado, para posteriormente deslizar la bicicleta sobre un riel y dejarla en el estacionamiento determinado. La estructura física que se desarrolla es planteada para la Universidad Piloto de Colombia ya que la demanda de los estudiantes que han tomado como iniciativa el traslado en cicla requieren un sitio seguro donde dejarla durante el día.

## **1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.1.1 Descripción del Problema**

La circulación de vehículos en muchas ciudades de Colombia se ha convertido en un tema importante en las diferentes administraciones del estado, durante los últimos años, el uso de los vehículos privados ha aumentado y no existe una infraestructura vial que pueda resolver este tipo de problemática. La falta de infraestructura es uno de los obstáculos principales para que haya un aumento considerado del uso de la bicicleta como medio de transporte, la cual los ciudadanos han visto como una alternativa de movilidad, siendo este uno de los medios más prácticos y económicos que hay. Los usuarios de este tipo de transporte buscan quedar lo más cercano posible a su lugar de destino y ésta relación puerta a puerta es la que hace que la bicicleta tenga una ventaja sobre otros modos de transporte, para que esto sea posible no solo es necesario tener rutas buenas, confiables y cómodas, sino también la facilidad de tener donde estacionar de manera segura, ordenada y en espacios adecuados; el problema se presenta al no haber espacios que para parquear lo cual hace que se intensifique el tema de la inseguridad en cada una de las ciudades dado al robo y vandalismo. Se considera que en Bogotá el porcentaje de hurto de bicicletas es de 21% [1] esto debido a que los parqueaderos que se tienen no brindan ni el espacio ni la seguridad que se requiere. En Bogotá el sistema de transporte masivo (Transmilenio) ha venido implementando diferentes aparcamientos de bicicletas en puntos estratégicos como lo son los portales donde los usuarios de éste, pueden llegar en bicicleta, estacionarla y luego transportarse en una ruta a su destino final, esto con el fin de agilizar y hacer más cómodo este sistema, estadísticas indican que en el portal de las Américas se posee un estacionamiento para 800 bicicletas y año tras año el uso de este aumenta en un 25%, esto conlleva a ver de una manera, el crecimiento del uso de este vehículo como gran alternativa de transporte y a darnos cuenta de la poca seguridad. [2]



Figura 1. Parqueadero para bicicletas estación de Las Aguas.



Fuente: <http://www.caracol.com.co/noticias/bogota/mas-de-200-zonas-de-parqueo-gratuito-para-bicicletas-en-el-dia-sin-carro-en-bogota/20130205/nota/1837018.aspx>

### 1.1.2 Formulación del Problema

Teniendo en cuenta los problemas que se registran con los parqueaderos de bicicletas en cuanto a espacio y seguridad, surge para este proyecto la siguiente pregunta:

¿Es posible generar una solución que intensifique el uso de la bicicleta y disminuya el tema de la inseguridad en parqueaderos con el desarrollo de un estacionamiento automatizado?

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

Actualmente se enfrentan diversos problemas de movilidad y las grandes ciudades han facilitado el uso de las bicicletas construyendo vías para este medio de transporte, generando así un aumento en los últimos años gracias a que los ciudadanos la ven como una de las mejores herramientas para agilizar la movilidad en Colombia. Se considera necesario facilitar y brindar seguridad a los usuarios de las bicicletas que en la actualidad se enfrentan al vandalismo al dejarlas estacionadas en las calles, parqueaderos clandestinos o convencionales. Con este proyecto se quiere lograr que los usuarios queden satisfechos y seguros de que sus vehículos van a estar protegidos en un aparcamiento confiable, así un sistema automatizado permitirá que las bicicletas ingresen a un espacio seguro y autónomamente se parquee considerando todas las comodidades y posteriormente generando una tarjeta inteligente que lo identifique como el dueño para que así mismo puede retirar su bicicleta con el fin de que solo el usuario pueda disponer

de ésta. El sistema de parqueo automático en espacios optimizados se ha desarrollado en Colombia pero con vehículos automotores, y ha logrado tener una acogida y un gran avance tecnológico en ciudades como Medellín. Este sistema de parqueadero o estacionamiento automatizado para bicicletas no se ha implementado en Colombia y mucho menos con la tecnología suficiente para brindar la mayor seguridad posible para dichos vehículos y sus usuarios; se espera garantizar el acomodamiento y brindar seguridad a cada uno de los usuarios con la implementación física de parqueaderos la cual podrá ser desarrollada después del estudio realizado en este documento. En la universidad piloto de Colombia se ha podido divisar que uno de los problemas por los cuales los estudiantes no se dirigen allí en bicicletas o ciclomotores es porque no tienen la facilidad de estacionarlas en sitios con seguridad privada; ya que deben dejar sus vehículos en la vía pública, con una cadena como elemento de seguridad, aun conociendo que se han registrado robos en este sitio ya que es un espacio público y hay un flujo peatonal constante de personas ajenas a la universidad y la entidad no se hace responsable por este tipo de daños o hurtos. Con la iniciativa de la implementación de estos espacios se desea incentivar a que los estudiantes y administrativos usen sus bicicletas como una medida de transporte y de esta manera se pueda generar un cambio notable en la movilidad y la contaminación por la que se enfrenta la ciudad y a su vez promover la actividad física de muchos ciudadanos.

### **1.3 ESTADO DEL ARTE**

Alrededor del mundo, se ha mejorado y cambiado paulatinamente el sistema de estacionamientos de vehículos y bicicletas con el fin ofrecer más seguridad a los ciudadanos. Para esto se han diseñado diferentes proyectos mejorando desde la implementación de mecanismos tecnológicos capaces de generar los tickets de entrada y la autorización de salida para cada uno de los usuarios; como la estructura, optimizando espacios en donde se pueden parquear mayor cantidad de vehículos en el mismo ambiente automatizando la forma de aparcamiento, brindando confort y seguridad a quienes disponen de estos lugares para dejar sus coches o bicicletas. En el presente tras largos años de investigación y desarrollo se han creado varios sistemas inteligentes de automatización similares a una caja fuerte los cuales manejan compartimentos amplios y ergonómicos para guardar el vehículo de manera autónoma, se da ingreso con un código personal para cada usuario por medio de tarjetas, almacenando la información del usuario y del aparcamiento donde fue o será guardada la bicicleta. [3] Con el propósito de usar las bicicletas como un transporte óptimo en el uso diario se están realizando unas estrategias de préstamo, este tipo de préstamo es demasiado fácil, cómodo y económico para que todos los ciudadanos tengan la asequibilidad de usar los vehículos, una de estas estrategias es EnCicla ubicados en la ciudad de Medellín, la cual permite mejorar la movilidad contando con un servicio de préstamos de

bicicletas públicas, consta de un módulo automático donde el usuario se acerca al lector el carnet solicitado anteriormente inscrito en página de EnCicla.com, posteriormente se digita el pin personal, se selecciona una de las bicicletas que se encuentre disponible; teniendo tan solo 20 segundos para retirar la bicicleta escogida por el usuario y una hora para su uso, luego de ellos la bicicleta tiene que ser entregada a las estaciones automáticas autorizadas de EnCicla.[4]

Figura 2. Bicicletas públicas sistema EnCicla.



Fuente: <http://encicla.gov.co/noticias/encicla-sigue-creciendo/>

A continuación, se mostrará alguno de los sistemas de parqueo automático de bicicletas que funcionan hoy en día alrededor del mundo.

En el año 1920 aparecieron los sistemas de parqueaderos automáticos en Los Ángeles, Chicago, Nueva York y Cincinnati. La torre Nash es la construcción que diseñó Nash Motor Company para el aparcamiento de sus vehículos en una de sus exhibiciones. La torre tenía una estructura de 25 metros de altura, acristalada, en la parte interior de esta estructura se presentaban 16 carros, uno por piso, pero para darle un efecto más llamativo Nash Motor implementó un elevador el cual movía constantemente los coches de manera que cada uno de ellos se mostraba por unos minutos a nivel del suelo. Aparte de mostrar cada uno de sus vehículos, la empresa mostró la ventaja que generaba este tipo de sistema de aparcamiento mecanizado con la optimización de espacios al momento de estacionar. [5]

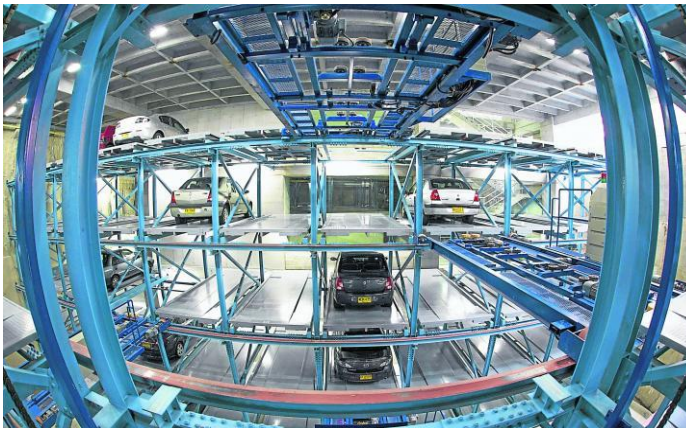
Figura 3. Aparcamiento en torre Nash Motors Company.



Fuente: <http://tectonicablog.com/?p=75432>

En Colombia la empresa ECOPARKING fue la encargada de construir el primer sistema de parqueo robotizado ubicado en la sede principal del Laboratorio Clínico Hematológico en Medellín con capacidad para estacionar 95 autos distribuidos en 5 pisos subterráneos. El sistema inteligente automático ha demostrado ser el más eficiente, rápido y productivo del mercado en algunos países asiáticos y europeos. Este sistema permite estacionar más vehículos en menor espacio que los parqueaderos convencionales ya que este estacionamiento está diseñado sin escaleras, ni rampas y en múltiples pisos. Este gran sistema eficiente es capaz de soportar hasta 2500 toneladas y entrega el auto que se encuentra más lejano a la entrada en menos de 2 minutos, lo cual demuestra una verdadera revolución en términos de sistemas de parqueo. [6]

Figura 4. Parqueo robotizado Medellín ECOPARKING.



Fuente:<http://www.metrocuadrado.com/decoracion/content/medellin-es-pionera-del-parqueo-robotizado>

BICEBERG es un estacionamiento de bicicletas que nace en el año de 1994 y se patenta el 2 de diciembre de 1994 como una de las mejores maneras de parquear bicicletas de manera autónoma, este aparcamiento es subterráneo permite guardar la bicicleta y otros objetos que el usuario quiera dejar con ella como un morral y/o casco. Este estacionamiento se opera mediante una tarjeta chip la cual permite guardar los datos del usuario manipulándola como una tarjeta de crédito, los tiempos de estacionamiento o al retirar la bicicleta de este es de 30 segundos, los aparcamientos biceberg tienen capacidades desde 23 hasta 92 bicicletas, este sistema garantiza un 100% la seguridad del vehículo y de los objetos que se guarden en este compartimiento. [7]

Figura 5. Modelo parqueadero biceberg.



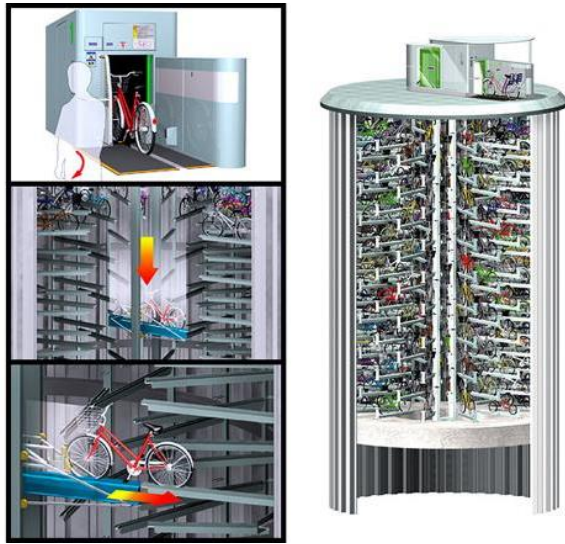
Fuente:<http://data.tc.gc.ca/archive/eng/programs/environment-urban-menu-eng-1895.htm#6>

La empresa Giken en Japón dio una solución a la gran falta de espacios para guardar y estacionar bicicletas debido al amplio número de usuarios que toman este medio de transporte como el más óptimo para la movilidad en dicho país creando así Eco Cycle, un sistema de aparcamiento subterráneo a prueba de terremotos, ubicado a 11.65 metros bajo tierra con un diámetro de 8.55 metros



logrando almacenar 204 bicicletas, este sistema de estacionamiento funciona con una tarjeta electrónica la cual identifica en qué espacio fue guardado el vehículo, el tiempo en acomodar y regresar la bicicleta es de 13 segundos. En la entrada del ECo Cycle se encuentra un sensor el cual detecta la bicicleta colocando está en un riel donde se ubican las llantas, luego se presiona un botón permitiendo el ingreso de esta al aparcamiento, es así como un sistema tipo ascensor transporta la bicicleta a su lugar de estacionamiento. [8]

Figura 6. Eco-Cycle Estacionamiento subterráneo para bicicleta.



Fuente:<http://noiselab.com/blog/tecnologia/eco-cycle-estacionamiento-subterraneo-para-bicicletas>

Otro de los proyectos de estacionamiento es Bicilock, este sistema de estacionamientos nace en la capital de Chile, Santiago, el cual brinda un servicio de aparcamientos en forma de módulos automatizados, garantizando seguridad para guardar las bicicletas, el funcionamiento de este estacionamiento consiste en el uso de una tarjeta para abrir y cerrar los módulos, los cuales son destinados aleatoriamente o dependiendo la disponibilidad de estos. [9]

Figura 7. Estacionamiento automatizado para Bicicletas Bicilock.



Fuente: <http://www.bicilock.cl/#!idea/c1viv>

## 1.4 OBJETIVOS

### 1.4.1 Objetivo General

Diseñar y simular en un entorno virtual un sistema de aparcamiento de bicicletas en la universidad piloto de Colombia.

### 1.4.2 Objetivos Específicos

- Formular los modelos matemáticos para la elaboración de un sistema mecánico que cumpla con las condiciones de desplazamiento y carga de los vehículos a parquear en el estacionamiento.
- Diseñar los circuitos electrónicos y eléctricos que controlan el sistema mecánico y cada uno de los elementos sensoriales implementados.
- Desarrollar el sistema de control el cual regula la actuación de cada uno de los componentes físicos.

- Diseñar un ambiente virtual de simulación con el fin de evaluar el funcionamiento del estacionamiento.
- Verificar y validar los modelos matemáticos del sistema mecánico para garantizar el funcionamiento en un sistema real.

## **1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES**

Se desea obtener con el proyecto un estudio completo de la implementación de un parqueadero para bicicletas en un área universitaria. Para este proyecto se diseña y se simula en un ambiente virtual un sistema de elevación diseñado con un riel el cual posee una estructura deslizable con una pinza, ésta tiene la función de tomar cada bicicleta y dirigirla al espacio asignado ya sea de aparcamiento o de entrega, también se recrea el proceso de generación de una tarjeta inteligente con la información de su propietario, el mecanismo cuenta con sensores y sistemas de posicionamiento para ubicar, entregar y/o recibir las bicicletas, manejado por la programación realizada en el programa de desarrollo de software.

Una limitación que se encuentra en el desarrollo del proyecto es la precisión de los valores presentados por los sensores acoplados al mecanismo en cualquier tipo de programa de simulación debido a que ésta se realiza en un entorno virtual y no se ven afectados los dispositivos por el ruido, luz o cualquier otro tipo de interferencia.

En este proyecto influye como limitación la infraestructura que deberá tener al momento de ser implementada de manera física en cada uno de los estacionamientos, ya que en cada lugar donde se desee implementar se debe hacer un estudio de suelos y solicitar un permiso para el desarrollo de la misma y dependiendo de esto elegir el mejor sistema de elevación para el aparcamiento de las bicicletas.

## **1.6 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN DE PROGRAMA**

Las líneas de investigación en la cual este proyecto se basa son automatización y domótica.

En la automatización se desarrolla un sistema para el aparcamiento de bicicletas de forma autónoma, y un mecanismo de generación de una tarjeta inteligente en donde estén registrados de forma visible los datos del lugar y de forma magnética



la ubicación del vehículo, además contara con un operario que se encargara de definir y supervisar cada uno de los estacionamientos.

## 1.7 MARCO TEÓRICO

### 1.7.1 Historia de la bicicleta

La bicicleta es uno de los vehículos más comercializados en el mundo, éste consta de dos ruedas alineadas fijas a un marco, y se dirige mediante un manillar que permite dar la dirección. Este grandioso invento se le atribuye a Karl Drais inventor alemán que la fabricó hacia 1818. La primera bicicleta no tenía pedales ni cadena, mucho menos frenos, avanzaba y frenaba con los pies, en 1845 se sustituyen las ruedas de madera por neumáticos inflables que combinan cuero y goma, en 1861 Ernest Michaux decidió que la mejor opción era instalar unos pedales en la rueda delantera y poder impulsar mejor la bicicleta logrando así que el usuario tuviera más equilibrio para montarla, desde ese momento la bicicleta tenía todos los elementos de una bicicleta actual a falta de la transmisión, se simulaba un freno con un hilo que generaba tensión a la rueda trasera produciendo fricción, obligando al vehículo a detenerse. Al llegar los años de 1885 y 1888 se logró una estructura mucho más cómoda para poder conducir dicho vehículo, éste ya poseía frenos adecuados y los neumáticos se manejaban con cámara de aire obteniendo con esto amortiguar parte del golpeteo contra el camino. El 31 de mayo de 1889 nace oficialmente el ciclismo de competición certificando así que la bicicleta tenía un aspecto físico óptimo para poner en marcha con equilibrio y seguridad. [10]

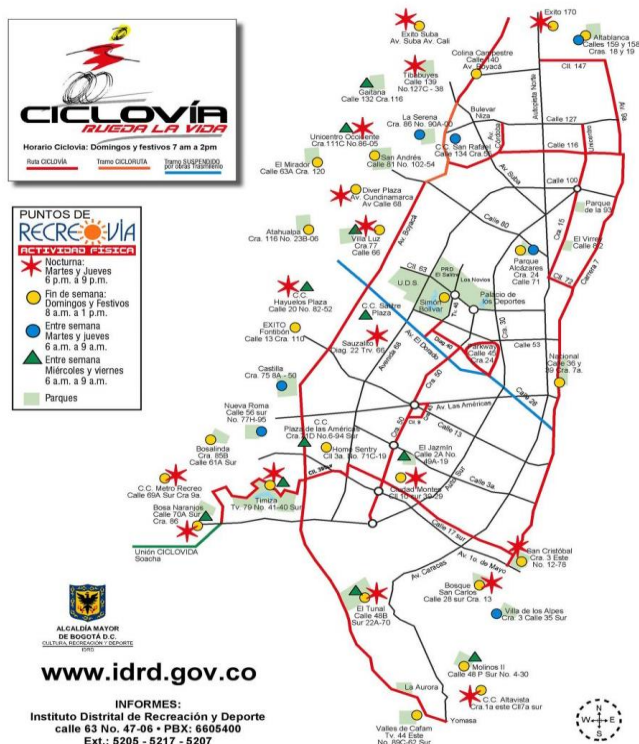
Figura 8. Evolución de la bicicleta.



Fuente: <http://www.limitlessmtb.com/blog/page/7/>

Desde 1974 se destinaron algunos tramos de vía en la capital para realizar los primeros ciclo paseos, dos años después luego de que esto tuviera una gran acogida se autorizó el uso de las calles para la ciclovía, iniciando los ochentas la ciclovía contaba con 34 kilómetros sobre la carrera séptima, llegando a los años 90 la ciclovía en Bogotá ya contaba con 127 kilómetros para recorrer y así promoviendo más el uso de las bicicletas. Posteriormente con el fin de mejorar la movilidad en Bogotá se han venido implementado ciclo rutas a lo largo y ancho de la ciudad brindando con esto seguridad y rapidez para los ciclistas que diariamente usan este medio de transporte como la mejor opción de movilización. Según el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) en el Foro Mundial de la Bicicleta (FMB) en Latinoamérica, Bogotá se posiciona como la ciudad que más se moviliza en bicicleta aproximando a 611.472 viajes en este vehículo por día gracias a los más de 392 kilómetros de ciclo rutas con que cuenta, estas cifras hacen resaltar que el 5% de la movilización en Bogotá se realiza en bicicleta esto es equivalente a ocho millones de habitantes en la ciudad, esto seguido de dos grandes ciudades como lo son Santiago de Chile con 510.569 recorridos diarios y Río de Janeiro con 217.000.[11]

Figura 9. Rutas para las bicicletas en Bogotá.



Fuente: <http://www.movilidadbogota.gov.co/?sec=608>

El uso de la bicicleta trae consigo una gran cantidad de beneficios y ventajas unas más que otras pero todas igual de importantes en el momento de querer usar la bicicleta como medio de transporte diario, con respecto a las ventajas ambientales se sabe que este vehículo no consume combustible y no genera ruido, por ello no contamina, favoreciendo así el medio ambiente y reduciendo la contaminación auditiva; a su vez al momento de usar la bicicleta es posible transformar la energía humana en energía eléctrica con la que es posible cargar dispositivos móviles y disminuir el consumo energético de los hogares y/o empresas. También encontramos los beneficios recreativos entre ellos la diversión, la generación de cultura, el desarrollo físico y un momento de relajación sin trancones mientras se llega al destino mejorando así la movilidad; por último, tenemos las ventajas económicas, encontramos el bajo costo, no usan combustible, no pagan impuestos por no portar una matrícula y los estacionamientos manejan una tarifa menor. Para los usuarios no es fácil protegerse del vandalismo y de los constantes robos en la ciudad, así que se acude a diferentes elementos de seguridad como son las cadenas y candados, ya que son fáciles de portar y son económicos, pero estos no son lo suficientemente confiables porque son simples y pueden ser violados por cualquier ciudadano con propósitos vandálicos dejando la cicla a disposición de ellos. [12]

Por otro lado cuando se habla de estacionamiento para bicicletas se sabe que son espacios adecuados para que el portador deje su vehículo, estos generalmente se encuentran en la calle y puede ser usado por cualquier persona, en Bogotá existen dos diseños de estacionamientos informales, semicírculos anclados al piso donde el usuario llega a él y con su cadena amarrar la bicicleta este con el fin de tener mayor seguridad, por otro lado encontramos los soportes de pared que permiten que el usuario cuelga la bicicleta de la rueda delantera.[13]

Según expertos consultados en la feria Automatista 2013, Colombia se encuentra como líder regional en cuanto a la aplicación de los procesos de automatización industrial. Carlos Pedreros, director de ISA (Sociedad Internacional de Automatización) aseguro que está haciendo una gran inversión en la parte de modernización, lo cual significa que se está realizando un desarrollo eficiente en mercados internacionales de competencia. [14]

La automatización es uno de los grandes procesos que ha contado con una importante acogida en los últimos años a nivel industrial, ésta se basa en la conversión de movimientos humanos en un acto automático, por esta razón desde

tiempos memorables se han venido desarrollando este tipo de conocimientos en industrias con el fin de reducir costos, tiempos y ser la sustitución de un ser humano el cual cuenta con tareas tediosas o que pongan en riesgo su bienestar. [15]

### **1.7.2 Realidad virtual**

La realidad virtual es uno de los sistemas de información en donde se representan en tiempo real prototipos, diseños y posiblemente estructuras sin tener un soporte físico las cuales en realidad vienen siendo ilusiones. En conceptos de entornos virtuales se encuentra el desarrollo de reconstrucción de espacios en un programa donde se puede realizar la simulación de un entorno cualquiera, en este documento se muestra un parqueadero de bicicletas para la Universidad Piloto de Colombia en donde se simula el funcionamiento del ascensor y la forma en cómo se aparcen cada una de las bicicletas en los espacios adecuados. En este proyecto este tipo de sistema se realiza para tener una clara idea de cómo sería cada una de las funciones que tendría el estacionamiento sin la necesidad de tener de forma física el prototipo; con esto ayudando a corregir y mejorar parte del proyecto al momento de realizarse físicamente. [16,17]

### **1.7.3 Despliegue de La Función De Calidad (QFD)**

La casa de la calidad fue desarrollada por la Toyota para lograr con ella optimizar los procesos y se denominó “Despliegue de la Función de Calidad” (QFD) esta es una metodología que convierte lo que el cliente precisa en parámetros de diseño y estos poder ser usados dentro de un ámbito más ingenieril. [18]

El QFD se logra en cuatro matrices básicas:

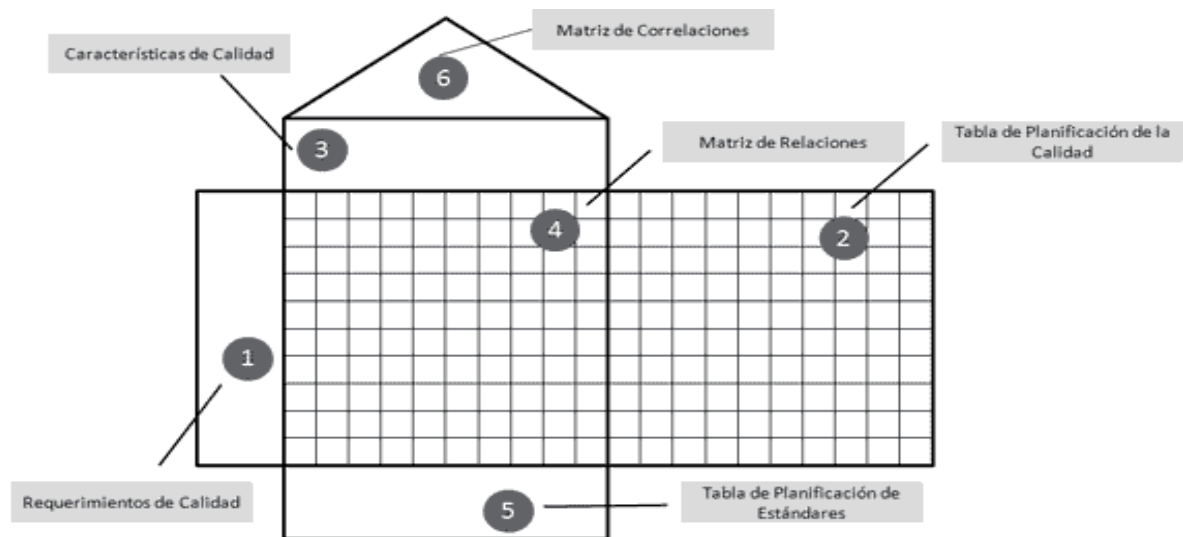
- Identificar las necesidades del cliente, saber que desea sobre el producto o servicio, luego se interpretan y se analizan dichas necesidades logrando con esto elaborar las especificaciones que hacen que este servicio o producto cumplan lo que el cliente desea (requisitos vs especificaciones).
- Establecer los puntos requeridos que permitan cumplir con las especificaciones (insumos y partes).

- Determinar y elaborar los procesos necesarios para permitir transformar los insumos en productos o servicios (operaciones).
- Definir las especificaciones finales del producto o servicio para el proceso de fabricación así cumplir con los deseos del cliente (plan de producción).

Otra manera de decirle es “Desdoblamiento de Calidad” el objetivo general es convertir las necesidades actuales en características de producto.

El proceso para la elaboración del QFD es desarrollado en matrices sucesivas con la forma del esquema mostrado a continuación en la figura 10.

Figura 10. Diagrama casa de la calidad.



Fuente: <http://www.waiteco.com/qfd-despliegue-de-la-funcion-de-calidad/>

Siendo la siguiente la secuencia de matrices:

- MATRIZ 1: Necesidades y características
- MATRIZ 2: Puntos requeridos

- MATRIZ 3: Procesos necesarios
- MATRIZ 4: Especificaciones finales
- MATRIZ 5: Tabla de planificación de estándares
- MATRIZ 6: Matriz de correlaciones

#### **1.7.3.1 Requerimientos de Calidad**

Una de las tareas más importantes en la elaboración del QFD es identificar cuáles son las demandas del cliente, por lo general son requerimientos positivos propuestos por los mismos clientes. [18]

Los requerimientos propuestos por el cliente son:

- |             |             |             |
|-------------|-------------|-------------|
| • Seguridad | • Comodidad | • Costo     |
| • Distancia | • Estética  | • Recepción |
| • Recibido  |             |             |

#### **1.7.3.2 Tabla de Planificación de Calidad**

En esta parte del QFD se valoran una serie de aspectos [18]:

- Tasa de importancia: Se aplica una ponderación de 1 a 5 a cada demanda.
- Situación actual: Se estima entre 1 y 5 la situación actual con relación a la demanda.
- Plan de organización: estimar de 1 a 5 la situación en que se deseara estar para cada una de las demandas.
- Tasa de mejora: calcular dividiendo el plan de organización por la situación actual.

- Importancia de ventas: Aplicar un peso a las demandas del cliente según su importancia (1.5 muy importante; 1.2 relativamente importante; 1 irrelevante).
- Peso absoluto: Su cálculo se obtiene multiplicando la tasa de importancia por la tasa
- de mejora y por la importancia de ventas.
- Peso solicitado: Su cálculo se obtiene convirtiendo el peso absoluto en porcentaje dividiendo cada peso absoluto por la suma de los valores absolutos y multiplicandos por 100.

#### **1.7.4 Controladores lógicos programables (PLC)**

El PLC es el dispositivo principal de una máquina automatizada, en este es procesada la información enviada a cada uno de los elementos de entrada como sensores y como efecto a esta acción se activan elementos de salida como son los actuadores o motores. Este dispositivo digital usa para su almacenamiento de instrucciones e implementación de funciones específicas una memoria.

Los PLC tienen dos formas estructurales, una modular y otra compacta. La modular se identifica por ser varios módulos cada uno cumpliendo una función específica, de esta manera una parte de alimentación, una CPU, un módulo de entradas y uno de salidas, siendo cada una de estas partes interconectadas por un bus de conexiones que posee. Por lo contrario, la compacta es solo un elemento en el que se encuentran todos los elementos que lo componen, la fuente de alimentación, la CPU, la unidad de memoria, las entradas y las salidas. [19]

Para la programación de este elemento hay seis tipos de lenguaje, pero tres son los más destacados, entre ellos se encuentra el diagrama de tipo escalera, el diagrama de funciones y el listado de instrucciones.

El diagrama de Tipo Escalera (LADDER) es un lenguaje gráfico, puede soportar la programación de casi todos los PLCs. Representa una conexión gráfica con variables de tipo booleano, no es usado para trabajar con variables análogas, este método se compara con los antiguos controladores de tipo relé, en donde se hace una representación de flujo de energía en un diagrama de circuitos eléctricos. Es uno de los lenguajes más usados en la industria gracias a su simplicidad, disponibilidad, soportado y legado. Dentro de las características principales está el uso de líneas de alimentación y elementos de enlace y estados, la posibilidad de

usar bloques funcionales, bobinas. También se pueden evaluar redes en orden tanto de arriba abajo o de izquierda a derecha.

La estructura de este lenguaje es simple, los buses o relés envuelven una red LD tanto por la izquierda como por la derecha. Para el bus de la izquierda, se genera una señal lógica 1. La energía que se suministra llega a cada uno de los elementos conectados, dependiendo de la condición los elementos dejan fluir la energía o simplemente hacen una interrupción de dicha, generando de esta manera que los elementos no sean alimentados y por ende dejen de funcionar como se requiere.

El diagrama de Bloques de Funciones (FBD), usa un tipo de programación grafico el cual permite al usuario realizar una programación rápida, como una lógica booleana. El diagrama de bloque de funciones procede del campo del procesamiento de señales y su utilización es conveniente cuando no hay ningún ciclo pero existen varias ramas en el programa a crear. Es un lenguaje de alto nivel ya que permite resumir funciones básicas en bloques, de modo que el usuario únicamente se debe preocupar por la programación funcional de la rutina. Es un lenguaje muy común y popular en aplicaciones que involucran flujos de información o datos entre componentes de control. Los bloques funcionales son diseñados como circuitos integrados.

Lista de instrucciones (IL), este tipo de lenguaje es usado para programas poco extensos. La característica principal es que todos los operadores trabajan con un registro especial, más conocido como acumulador.

Para la elección de este elemento es necesario tener claro tres parámetros principales, los criterios de función, los tecnológicos y los operacionales. Y complementario a esto reconocer aspectos como ficha de identidad, tecnología que emplea, órganos de comunicación externa, lenguaje de programación, tipos de programador, soporte lógico, medios de dialogo con el operador y las consideraciones económicas. [19]

Para la programación de los controladores lógicos programable se utilizan diversos software de programación, algunos propios de acuerdo a la marca, Actualmente muchas de estas marcas de PLC han venido migrando a la plataforma denominada CoDeSys, (Sistema de Desarrollo de Controladores) creada por la empresa alemana 3S, este entorno está establecido para la creación de los programas que controlan las diferentes estaciones de una plataforma, donde como su nombre lo indica brinda la facilidad de desarrollar la programación de los controladores bajo la norma IEC 61131-3.



CoDeSys cuenta con cinco lenguajes de programación divididos en dos grupos, lenguajes de texto y lenguajes gráficos. Entre los lenguajes de texto se encuentran IL (Lista de Instrucciones) y el ST (Texto Estructurado); este tipo de programador forma un listado de sentencias que describen cada una de las funciones que se ejecutarán, con dependencia de sus respectivas condiciones. Los lenguajes gráficos LAD (Diagramas de Tipo Escalera), FBD (Diagrama de Bloques Funcionales) y SFC (Diagrama de Funciones Secuenciales) permiten realizar una estructuración del programa por medio de símbolos gráficos, similares a los diagramas de bloques, planos esquemáticos, y sistemas de automatización.

### **1.7.5 Diseño Asistido por Computador (CAD)**

Autodesk Maya es un software de animación en 3D que proporciona un conjunto completo de funciones creativas para realizar animaciones en 3D, simulación, modelamiento y renderizado. Este programa incluye tecnología de visualización de última generación. Autodesk permite crear y animar los modelos 3D ya que el modelamiento se basa en la deformación de polígonos básicos y el uso de la extrusión como técnica básica de la deformación de objetos en 3D. El tipo de herramientas que proporciona este software permite a los diseñadores el punto de partida para realizar la visión en modelado, la animación, efectos visuales e iluminación. [20]

Rhinoceros es un software para modelado en 3D, en este se puede crear, animar, analizar, renderizar diferentes texturas, superficies, sólidos, nubes y mayas. Este programa es usado para diseños industriales, diseño automotriz, diseño de joyas, y arquitectura. Un concepto básico de Rhinoceros es NURBS siendo esto representaciones matemáticas de geometría en 3D logrando describir cualquier forma con precisión sean líneas simples, arcos, círculos, hasta sólidos complejos. [21]

## **1.8 DISEÑO METODOLÓGICO PRELIMINAR**

El proyecto tiene importantes bases para su elaboración, principalmente se tiene la programación y el desarrollo del sistema el cual es diseñado para que el mecanismo tenga la capacidad de ubicar y parquear una bicicleta en un lugar determinado, este sistema también se desarrolla para la generación de recibo o ticket el cual es entregado al propietario con los datos de él y de forma magnética la información del lugar donde fue estacionado su vehículo, esto con el fin de que

el usuario porte su tarjeta inteligente al momento de retirar la bicicleta y se pueda mantener un control de entrada y salida de estos vehículos; paralelamente a este sistema de control se trabaja en la construcción del espacio virtual donde se diseña el mecanismo de entrega y retiro de cada uno de los vehículos, para posteriormente ser recreado en el programa de simulación y así dar una perspectiva más real del funcionamiento de este sistema de aparcamiento. En este caso el espacio a trabajar es la Universidad Piloto de Colombia asignando un lugar del campus universitario para poder implementar el estacionamiento.

Para el desarrollo óptimo de este proyecto se deben tener en cuenta varios modelos matemáticos, los cuales ayudan al análisis de cada uno de los elementos con que cuenta la estructura; para estos cálculos se debe conocer el peso de varios de los vehículos a los que se les prestará el servicio y realizar un análisis con el de mayor peso para que el sistema tenga el funcionamiento deseado al momento de ser implementado en una ambiente real sin exposición a un daño por sobrecarga a los componentes.

En los diferentes modelos mecánicos a realizar se tiene que tener en cuenta la traslación en donde van involucrados factores como velocidad, aceleración también se usan variables como, masa, volumen, potencia, desplazamiento, fuerza, y energía, que se tendrán en cuenta en el momento de diseñar todo el mecanismo tanto en el elevador como en las estaciones de aparcamiento.

Para tener un buen resultado en el cumplimiento del servicio de estacionamiento en la universidad se realizó una encuesta de calidad a 50 estudiantes, buscando con esto una opinión de las personas que disponen en un futuro de este servicio, y así satisfacer las necesidades que requieren dichos usuarios a partir del análisis que se hace con la función de la casa de la calidad (QFD).

## **1.9 RECURSOS**

El proyecto por ser desarrollado de manera virtual no necesita de una financiación por parte de alguna entidad o asociación, sin embargo se debe tener un equipo de cómputo con buenos requerimientos en cuanto a memoria, capacidad y tarjeta de video para garantizar el correcto funcionamiento de programas como AutoDesk, FluidSIM y CoDeSys.

También se tendrá en cuenta la participación de la comunidad universitaria tanto de los estudiantes, docentes y administrativos de la Universidad Piloto de Colombia; para esto se realiza una encuesta la cual aporta las necesidades y

opiniones de cada uno de los usuarios que usan su bicicleta como medio de transporte y personas que desearían usarlas pero por motivos de seguridad no lo hacen y así con estos criterios encontrar la mejor opción para prestar el servicio a dichos usuarios aplicando la función de la casa de la calidad QFD.

## **1.10 MARCO LEGAL**

Para la construcción del parqueadero se deben tener tres decretos en cuenta, estas normas deben ser cumplidas a cabalidad para la construcción o modificación de un parqueadero en el espacio público de la ciudad.

- ✓ Decreto 0444 de 1984:

Prestación del Servicio de Parqueaderos Públicos. [22]

- ✓ Decreto 1538 de 2005

El diseño, construcción, ampliación, modificación y en general, cualquier intervención y/u ocupación de vías públicas, mobiliario urbano y demás espacios de uso público. [23]

- ✓ Decreto 619 de 2000

Plan de Ordenamiento Territorial del Distrito. [24]

## **2 DESARROLLO INGENIERIL**

### **2.1 PROPUESTA DE ESTACIONAMIENTO DE BICICLETAS AUTOMATIZADO**

De acuerdo a la investigación inicial y a los antecedentes vistos se quiere desarrollar un parqueadero de bicicletas cuyas principales características son la seguridad, el confort, con el fin de generar confiabilidad al usuario, además se tendrán en cuenta otros requerimientos que, a partir de encuestas a la comunidad universitaria, se aplicará una metodología de diseño denominada QFD.

#### **2.1.1 Análisis de Necesidades**

Para poder obtener una conclusión de las necesidades y los aportes que el parqueadero puede ofrecer a los usuarios es necesario desarrollar encuestas, esto con el fin de determinar que requiere la comunidad y como se puede satisfacer esas necesidades, para ello se hace un estudio de análisis denominado casa de la calidad.

#### **2.1.2 Características de Calidad**

Anteriormente se describe en el marco teórico las características más importantes que se deben tener en cuenta. Como el producto es un parqueadero automatizado, en esta parte del diagrama QFD se ubican los requerimientos que se relacionan con las demandas del usuario.

- |                       |                               |                |
|-----------------------|-------------------------------|----------------|
| • Parqueadero privado | • Parqueadero público         | • Automatizado |
| • Espacio estructural | • Tarifa por horas            | • Tarifa única |
| • Dentro de la UPC    | • Parqueadero cerca de la UPC | • Visual       |
| • Subterráneo         | • Pinza                       | • Cajón        |
| • Recibo              | • Tarjeta                     | • Carnet UPC   |

### 2.1.3 Matriz de Relaciones

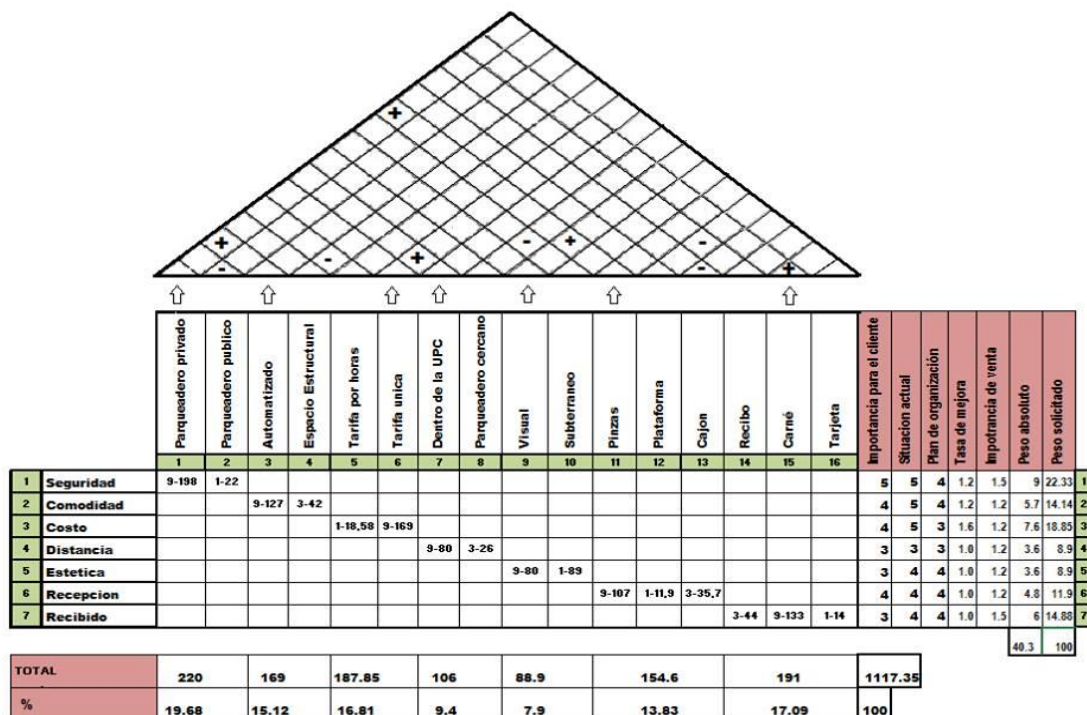
En este punto se forma una matriz con las filas y columnas mencionadas anteriormente (demandas del usuario y características técnicas del producto)

Para darle valores a las correlaciones se tiene que evaluar la relación que existe entre la característica de calidad y la demanda del usuario usando como criterios: 9 cuando la correlación es alta, 3 cuando es media y 1 cuando es muy débil, esta será ubicada en el extremo superior izquierdo.

En el extremo inferior derecho se pondrá el producto del valor que se le ha dado a la relación por el peso solicitado en la demanda.

En la figura 11 se puede observar el diagrama QFD completo para el proyecto del estacionamiento de bicicletas dando a conocer la relación entre las demandas y necesidades de los clientes y las características del producto en este caso el parqueadero. [18]

Figura 11. Casa de la calidad para el estacionamiento.



Fuente: Autores

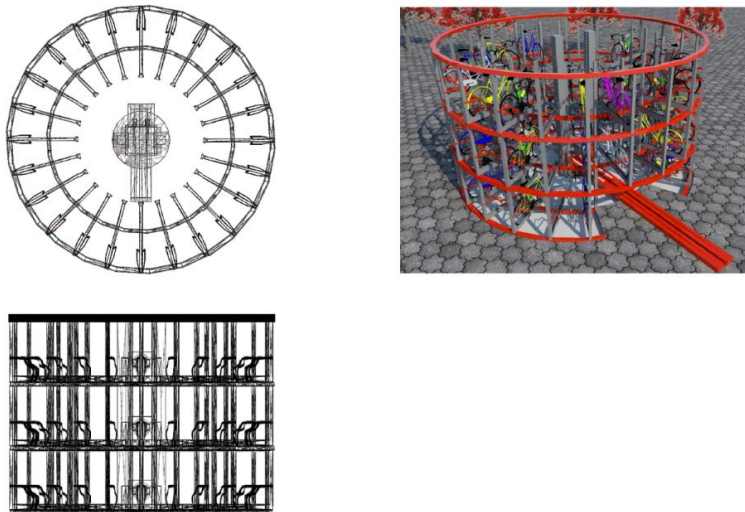
Una vez aplicada la QFD se puede apreciar que los usuarios tienen como requerimientos más importantes; en cuanto a seguridad tener un sitio privado para guardar sus vehículos, además de contar con una tarjeta en donde se mantenga la información pertinente para el estacionamiento y retiro de la bicicleta, por comodidad prefieren que este mismo sea automatizado, por costo que sea económica por eso los usuarios consideran que tener una tarifa única es la mejor opción, la ubicación en lo posible en espacios propios de la universidad, en cuanto a la estructura física que sea visible y cuente con una pinza como medio para ser guardada sus bicicletas. [18]

## 2.2 ARQUITECTURA DE PROPUESTA

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos por la función de la casa de la calidad se presenta la propuesta a nivel de arquitectura del parqueadero automatizado.

El diseño propuesto como se muestra en la figura 12, se compone de varias columnas verticales en las paredes del edificio, en donde se encuentran ubicados los soportes de las bicicletas con un soporte fijo en el centro de la estructura y un sistema de elevación en el cual ira localizada la pinza que transportará cada una de las bicicletas en la posición asignada.

Figura 12. Diseño Propuesto del Estacionamiento



Fuente: Autores

### 2.2.1 Consideraciones de diseño

Para las consideraciones de diseño de la estructura del parqueadero se tuvieron en cuenta las medidas de los tipos de ciclas comerciales, se realizó un monitoreo del flujo de las mismas durante una semana dando como resultado un promedio de 50 bicicletas. A continuación, se muestra en la tabla 1 el comparativo de dimensiones de bicicletas.

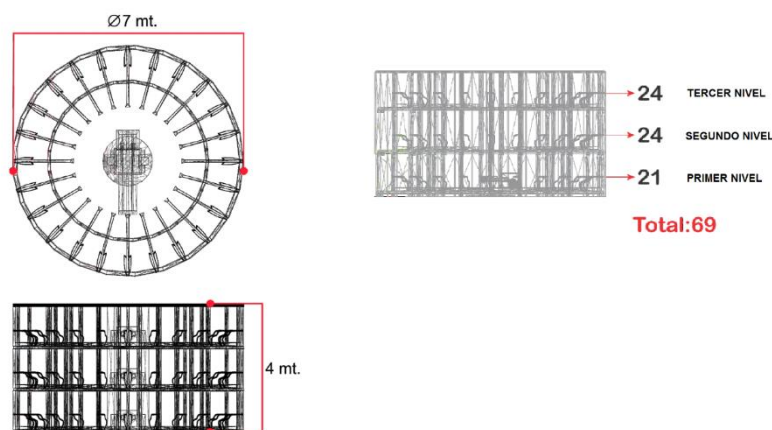
Tabla 1. Tabla comparativa dimensiones bicicletas

	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	LARGO (cm)	PESO (Kg)	ESPESOR LLANTA (mm)
FIXED	42.0	102	156	9.90	32
MONTAÑA	64.0	110	170	12.30	50
BMX	40.0	90.5	145	10.90	
PLEGABLE	55.0	93.5	210	12.00	

Fuente: Autores

Teniendo en cuenta las medidas del ancho, alto y largo del número de bicicletas promedios se determina las dimensiones generales del parqueadero. En la figura 13, se muestran las dimensiones y la capacidad del estacionamiento propuesto.

Figura 13. Dimensiones y Capacidad del Diseño Propuesto.



Fuente: Autores

## 2.2.2 Funcionamiento del Sistema

A continuación, se presentarán los detalles del funcionamiento del estacionamiento tanto de ingreso y entrega del vehículo, dando un breve recuento del trabajo de cada uno de los elementos.

### 2.2.2.1 Sistema de Recepción y Entrega de Bicicletas

Para el ingreso de la bicicleta, se tiene un mecanismo que está compuesto por un riel, una banda transportadora y un sistema de sujeción, este mecanismo se acciona una vez el usuario introduzca la bicicleta en el riel, un sensor se activa para que el mecanismo de sujeción ataje las llantas, posteriormente el usuario se dirige a un sistema HMI (Human Machine Interfaz) en donde hace el registro de la información que solicita el sistema, una vez realizado este procedimiento se le entregará una tarjeta con la información consignada. Una parte del mecanismo se encuentra en la parte exterior y la otra en el interior del parqueadero, dado que este deberá llevar la bicicleta al siguiente mecanismo.

A continuación, se muestra en la figura 14, tomada de la simulación realizada por los autores, la primera parte del mecanismo previamente descrito.

Figura 14. Estructura externa del estacionamiento.



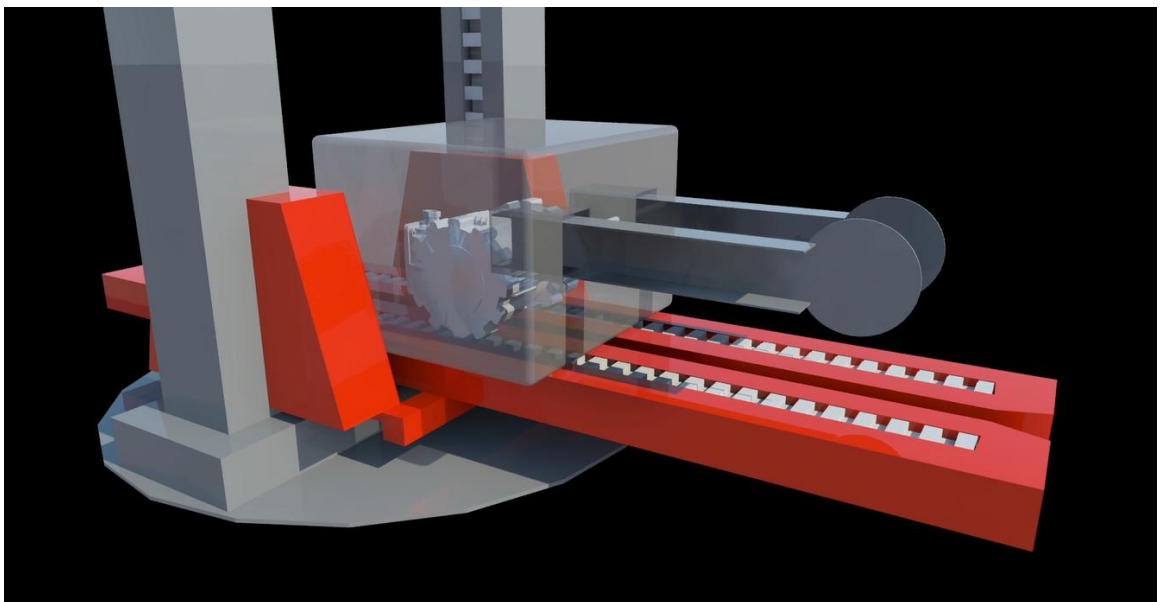
Fuente: Autores



### 2.2.2.2 Sistema de Posicionamiento y Elevación

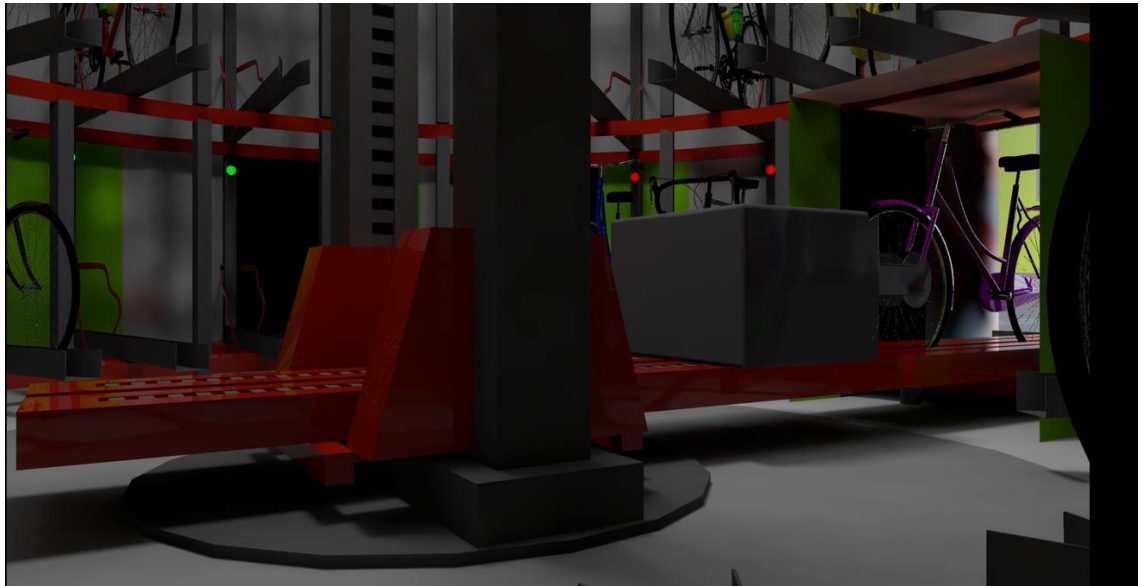
El sistema de posicionamiento está compuesto por una plataforma como se muestra en la figura 15, que tiene una pinza, un mecanismo de sujeción y de elevación; estos dos últimos están constituidos con un sistema piñón-cremallera y un riel que facilita el desplazamiento de la bicicleta para los pisos 2 y 3, una vez la bicicleta se encuentre en posición se activa el mecanismo de elevación y el mecanismo de giro de la plataforma con el objeto de ubicar la cicla en el aparcamiento como es ilustrado en la figura 16 y 17. Es importante tener en cuenta que los diferentes mecanismos del sistema estarán controlados con sensores que le indicaran al respectivo controlador cada uno de los movimientos que deberán realizarse para cumplir con la secuencia de ingreso o salida de la bicicleta.

Figura 15. Plataforma de elevación.



Fuente: Autores

Figura 16. Acceso del vehículo.



Fuente: Autores

Figura 17. Ubicación del vehículo.

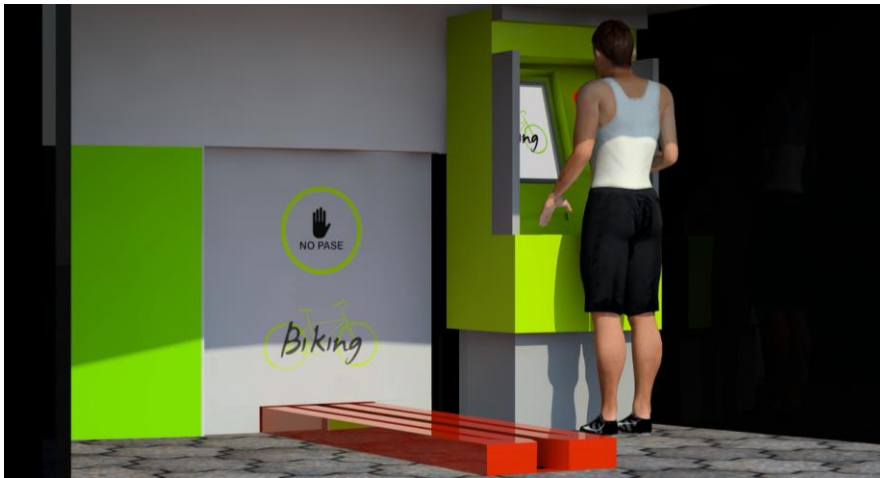


Fuente: Autores

### 2.2.2.3 Sistema de Aparcamiento

Para la salida del vehículo el usuario debe presentar la tarjeta inteligente en el sistema de cómputo y oprimir un botón el cual da inicio al proceso (figura 18), el sistema lee la tarjeta y en ella la información, en este caso la posición en donde se encuentra el vehículo. Al realizar este paso la plataforma directamente se dirige al espacio determinado (figura 19) y de esta manera comienza el proceso de entrega del vehículo. Muy similar al proceso de almacenamiento, pero de manera inversa.

Figura 18. Ingreso de tarjeta para retiro de la bicicleta.



Fuente: Autores

Figura 19. Retiro de la bicicleta de su estacionamiento.



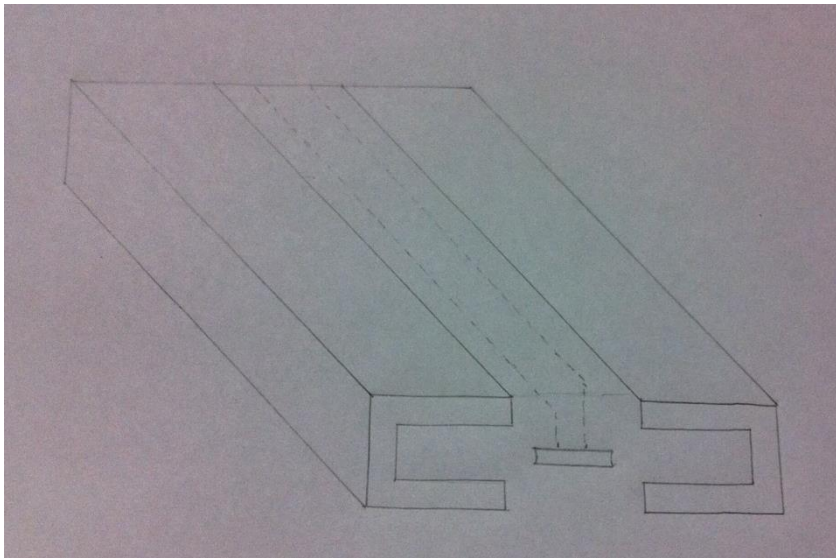
Fuente: Autores

El sistema de supervisión de acomodación de los vehículos se hará por medio de una base de datos en donde cada vez que entre una bicicleta se identificará el espacio se encuentra disponible y un operario da la posición del lugar donde debe ser ubicado el vehículo, al ser retiradas, el programa identifica qué bicicleta se está requiriendo por la ubicación y el espacio registrado en la tarjeta al ingresarlo, y así al momento de retirarla el espacio se activará como espacio disponible.

### **2.3 DISEÑO MECÁNICO DEL SISTEMA DE ENTREGA Y RECEPCIÓN**

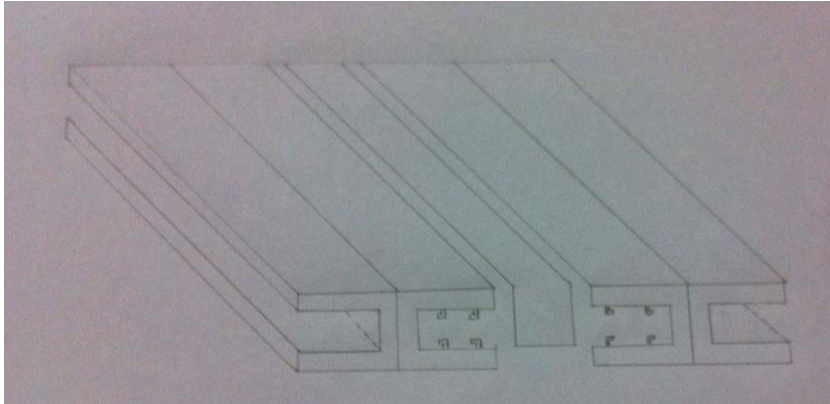
Conociendo el principio de funcionamiento del sistema descrito en el numeral 2.2.2.1. A continuación se mostrarán los bosquejos propuestos para la entrega y recepción de la bicicleta, teniendo en cuenta las consideraciones de diseño como el ancho, espesor de la llanta, alto, largo y peso.

Figura 20. Bosquejo Perfil en C.



Fuente: Autores

Figura 21. Bosquejo Perfil en C tipo I



Fuente: Autores

Se selecciona el perfil en I ya que brinda muchas ventajas de diseño en las que se encuentra la alta resistencia dependiendo de la unidad de peso, se determina el peso de una persona, considerando que puede apoyarse en la estructura al momento de acomodar su bicicleta de forma adecuada, y el peso de los actuadores que están sostenidos en la parte interior de la viga. También se toman en cuenta las dimensiones de la bicicleta para poder establecer las medidas correctas de dicho perfil.

### **2.3.1 Cálculo de la Banda Transportadora**

En esta sección se realizan los cálculos pertinentes para el análisis y diseño de la banda que transporta el vehículo, tanto para su estacionamiento como para su entrega.

#### **2.3.1.1 Sistema de Trasmisión**

El sistema de transmisión escogido para satisfacer las necesidades de recepción y entrega de las bicicletas es el mecanismo de cadena-piñón ya que es capaz de mantener una constancia en la relación de transmisión, es de los sistemas más eficientes y no tiene un desgaste en los rodamientos de los piñones por lo cual no se necesita de mantenimiento constante para el excelente funcionamiento. Teniendo como base el cuadro comparativo mostrado a continuación.

Tabla 2. Tabla comparativa sistema de transmisión.

<p><b>SISTEMA POLEAS CON CORREAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistema transmisión circular.</li> <li>- Mecanismo reductor.</li> </ul> <p>La polea matriz debe tener un diámetro menor que la polea conductora.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mecanismo multiplicador.</li> </ul> <p>La polea conductora debe tener diámetro menor que la polea matriz. [25]</p>	<p><b>TRASMISIÓN DE CORREA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Permite transmitir un movimiento circular entre dos ejes situados a una distancia determinada.</li> <li>-La transmisión por rozamiento de la correa puede patinar.</li> <li>- El desplazamiento disminuye usado poleas en lugar de rueda. [26]</li> </ul>
<p><b>CADENA-PIÑÓN</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Giran en el mismo sentido.</li> <li>-Solo se puede emplear para transmitir movimiento circular entre ejes paralelos.</li> <li>-Se produce por empuje de la cadena sobre los dientes de las ruedas, no resbala.</li> <li>-Mantiene una relación de transmisión constante.</li> <li>-Mayor eficiencia mecánica.</li> <li>-No necesita estar tan tensa como las correas, lo que significa que hay menores averías en los rodamientos de los piñones. [27]</li> </ul>	<p><b>ENGRANAJES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-No patina.</li> <li>-Transmite grades potencias.</li> <li>-Con el tamaño de las ruedas dentadas se puede construir sistemas de aumento o reducción de velocidad. [28]</li> </ul>

Fuente: Autores

Los cálculos realizados a continuación son necesarios para escoger y diseñar este sistema de transmisión de cadena. Para ello es indispensable conocer la distancia que tiene que recorrer, el tiempo en el que lo debe hacer, el peso de los actuadores y el peso de la cicla ya que son los valores máximos que transporta el sistema. Con estos datos anteriormente mencionados se realizan los respectivos cálculos de la potencia mecánica del sistema, Ec. [1] teniendo que:

$$P_{mec} = F * v \quad \text{Ec. [1]}$$

La distancia que el sistema debe recorrer es de 1.85 m en un tiempo máximo de 6 seg, siendo este valor considerado por los autores. La velocidad (v) del sistema es determinada por la Ec. [2]

$$v = \frac{d}{t} \quad \text{Ec. [2]}$$

$$v = \frac{1.85 \text{ m}}{6 \text{ seg}} = 0.308 \text{ m/s}$$

El peso de la cicla se considera el mayor, siendo este de 15 kg, basados en la tabla 1 y el peso de los 4 actuadores cada uno de 1 kg, tomado del anexo A. Con los datos anteriormente mencionados se realizan los respectivos cálculos de la potencia mecánica del sistema teniendo que:

$$F = (15 \text{ kg} + 4 \text{ kg}) * 9.8 \text{ m/s}^2 = 186.2 \text{ N}$$

Con esto se conoce que la potencia mecánica del sistema de transmisión es de:

$$P_{mec} = 186.2 \text{ N} * 0.308 \text{ m/seg} = 57.4 \text{ W}$$

$$P_{mec} = 57.4 \text{ W} * \frac{1 \text{ HP}}{745.7 \text{ W}} = 0.077 \text{ HP}$$

Y con este valor se puede conocer la potencia del motor Ec. [3], sabiendo que:

$$P_{motor} = \frac{P_{mec} * Factor\ de\ servicio}{Eficiencia} \quad Ec. [3]$$

$$P_{motor} = \frac{0.077\ HP * 1.5}{0.85} = 0.136\ HP$$

Como este valor no es comercial, se escoge un motor de ¼ HP ya que es el más aproximado al valor anteriormente hallado siendo este comercial en la industria.

Para conocer el motor que cumple con estas condiciones, se localiza en el catálogo de siemens un motor eléctrico que tenga la potencia igual o más cercana por encima de 0.25 HP. En este caso se encuentra un motor de 0.33 HP, de 6 polos y 1200 RPM, con la referencia 1LA7 070-6YA60. Como se observa en el anexo B.

Posterior a esto se busca la referencia en el mismo catalogo para conocer las especificaciones generales de dicho motor, anexo C.

Siguiente a esto se conoce que el diámetro del piñón de la cadena es de 21 mm para el mecanismo de transmisión, se busca un tamaño comercial en el Catalogo de INTERMEC, anexo D, [29] siendo este de 21.2 mm, de esta manera se puede hallar la velocidad angular ( $w$ ) Ec. [4], sabiendo que:

$$w = \frac{v}{r} \quad Ec. [4]$$

$$w = \frac{0.308\ m/s^2}{0.0106\ m} = 29.06\ rad/seg$$

De esta manera se halla las revoluciones por minuto requerida tanto por el piñón conductor como el conducido, Ec. [5]

$$f = \frac{w}{2\pi} \quad Ec. [5]$$

$$f = \frac{29.06\ rad/seg}{2\pi} = 4.625\ Hz$$



$$f = 4.625 \text{ Hz} * \frac{60 \text{ RPM}}{1 \text{ Hz}} = 277.5 \text{ RPM}$$

Como se sabe este valor no es comercial en la industria por ello se escoge el más cercano a este valor considerándose 280 RPM el adecuado para cumplir las funciones a cabalidad.

Posterior a esto se escoge el margen compensatorio de seguridad el cual es un número por el cual se deben multiplicar los caballos de fuerza que se deben transmitir para así aumentar y compensar con un margen de seguridad cuando el motor, la máquina o la carga no son uniforme. Este factor sacado de la siguiente tabla, figura 22.

Figura 22. Factores para calcular el margen compensatorio de seguridad.

Factores para calcular el margen compensatorio de seguridad			
Tipo de carga	Clase de la fuente de potencia		
	Motor de combustión interna con convertidor hidráulico	Motor eléctrico o turbina	Motor de combustión interna con embrague o caja mecánica
Uniforme	1.0	1.0	1.2
Fluctuante	1.2	1.3	1.4
Muy fluctuante	1.4	1.5	1.7

Fuente: PDF, Manual piñones INTERMEC

El valor tomado para este sistema es de 1.5 ya que es un motor eléctrico el que se usará y el mecanismo es muy fluctuante sabiendo que el sistema va a estar en constante movimiento y el motor estará prendiendo y apagando durante todo el día. Por este motivo la potencia mecánica real es de:

$$P_{mec} = 0.077HP * 1.5 = 0.12HP$$

Con este valor se conoce el número de dientes que debe tener tanto el piñón conductor como el conducido, ya que cuentan con las mismas dimensiones. Para esto se hace una revisión en las tablas de capacidad empezando por el valor

mínimo del paso que es de ¼ de pulgada, ilustrada en la tabla 3, sabiendo de los cálculos anteriores que los RPM del piñón es de 300, se busca ese valor en dicha tabla y la potencia es de 0.12.

Tabla 3. Tabla de capacidad cadena estandar sencilla de rodillos o 25 paso ¼.

**TABLA DE CAPACIDAD**  
**CADENA ESTANDAR SENCILLA DE RODILLOS NO. 25 PASO 1/4"**

No. de dientes piñón conductor	R.P.M. DEL PIÑÓN CONDUCTOR																			
	50	100	300	500	700	900	1200	1500	1800	2100	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000
9	0.02	0.04	0.12	0.18	0.25	0.31	0.41	0.50	0.58	0.67	0.79	0.93	1.06	1.02	0.86	0.73	0.63	0.56	0.49	0.44
10	0.03	0.05	0.13	0.21	0.28	0.35	0.45	0.56	0.65	0.75	0.88	1.04	1.19	1.20	1.00	0.86	0.74	0.65	0.58	0.52
11	0.03	0.05	0.14	0.23	0.31	0.39	0.50	0.62	0.73	0.83	0.98	1.15	1.32	1.38	1.16	0.99	0.86	0.75	0.67	0.60
12	0.03	0.06	0.16	0.25	0.34	0.43	0.55	0.68	0.80	0.92	1.07	1.26	1.45	1.57	1.32	1.12	0.97	0.86	0.76	0.68
13	0.04	0.06	0.17	0.27	0.37	0.47	0.60	0.74	0.87	1.00	1.17	1.38	1.58	1.77	1.49	1.27	1.10	0.96	0.86	0.77
14	0.04	0.07	0.19	0.30	0.40	0.50	0.65	0.80	0.94	1.08	1.27	1.49	1.71	1.93	1.66	1.42	1.23	1.08	0.96	0.86
15	0.04	0.07	0.20	0.32	0.43	0.54	0.70	0.86	1.01	1.17	1.36	1.61	1.85	2.08	1.84	1.57	1.36	1.20	1.06	0.95
16	0.04	0.08	0.22	0.34	0.47	0.58	0.76	0.92	1.09	1.25	1.46	1.72	1.98	2.23	2.03	1.73	1.50	1.32	1.17	1.05
17	0.05	0.08	0.23	0.37	0.50	0.62	0.81	0.99	1.16	1.33	1.56	1.84	2.11	2.38	2.22	1.90	1.64	1.44	1.28	1.14
18	0.05	0.09	0.25	0.39	0.53	0.66	0.86	1.05	1.24	1.42	1.66	1.96	2.25	2.53	2.42	2.07	1.79	1.57	1.39	1.25
19	0.05	0.09	0.26	0.41	0.56	0.70	0.91	1.11	1.31	1.50	1.76	2.07	2.38	2.69	2.62	2.24	1.94	1.70	1.51	1.35
20	0.06	0.10	0.28	0.44	0.59	0.74	0.96	1.17	1.38	1.59	1.86	2.19	2.52	2.84	2.83	2.42	2.10	1.84	1.63	1.46
21	0.06	0.11	0.29	0.46	0.62	0.78	1.01	1.24	1.46	1.68	1.96	2.31	2.66	2.99	3.05	2.60	2.26	1.98	1.76	1.57
22	0.06	0.11	0.31	0.48	0.66	0.82	1.07	1.30	1.53	1.76	2.06	2.43	2.79	3.15	3.27	2.79	2.42	2.12	1.88	1.69
23	0.06	0.12	0.32	0.51	0.69	0.86	1.12	1.37	1.61	1.85	2.16	2.55	2.93	3.30	3.50	2.98	2.59	2.27	2.01	1.80
24	0.07	0.13	0.34	0.53	0.72	0.90	1.17	1.46	1.69	1.94	2.27	2.67	3.07	3.46	3.73	3.18	2.78	2.42	2.15	1.92
25	0.07	0.13	0.35	0.56	0.75	0.94	1.22	1.50	1.76	2.02	2.37	2.79	3.21	3.61	3.96	3.38	2.93	2.57	2.28	2.04
26	0.07	0.14	0.37	0.58	0.79	0.98	1.28	1.56	1.84	2.11	2.47	2.91	3.34	3.77	4.19	3.59	3.11	2.73	2.42	2.17
28	0.08	0.15	0.40	0.63	0.85	1.07	1.38	1.69	1.99	2.29	2.68	3.15	3.62	4.08	4.54	4.01	3.47	3.05	2.70	2.42
30	0.08	0.16	0.43	0.68	0.92	1.15	1.49	1.82	2.15	2.46	2.88	3.40	3.90	4.40	4.89	4.45	3.85	3.38	3.00	2.68
32	0.09	0.17	0.46	0.73	0.98	1.23	1.60	1.95	2.30	2.64	3.09	3.64	4.18	4.72	5.25	4.90	4.25	3.73	3.30	2.96
35	0.10	0.19	0.51	0.80	1.08	1.36	1.76	2.15	2.53	2.91	3.41	4.01	4.61	5.20	5.78	5.60	4.86	4.26	3.78	3.38
40	0.12	0.22	0.58	0.92	1.25	1.57	2.03	2.48	2.93	3.36	3.93	4.64	5.32	6.00	6.68	6.85	5.93	5.21	4.62	4.13
45	0.13	0.25	0.66	1.05	1.42	1.78	2.31	2.82	3.32	3.82	4.47	5.26	6.05	6.82	7.58	8.17	7.08	6.21	5.51	4.93
Lubricación Tipo A			Lubricación Tipo B										Lubricación Tipo C							

**Lubricación Tipo A :** A mano, con aceitera o brocha  
**Lubricación Tipo B :** En baño de aceite o por salpique  
**Lubricación Tipo C :** Al chorro bajo presión.

La información contenida en estas tablas esta basada en los estándares de la ASOCIACIÓN AMERICANA DE FABRICANTES DE CADENAS (American Chain Association)

INFORMACIÓN INTERMEC

Quando se trata de cadenas de hilera múltiple de este paso, multiplique por la capacidad por:

No. DE HILERAS	FACTOR
2.....	1.7
3.....	2.5
4.....	3.3

Fuente: Manual piñones INTERMEC

Al encontrar estos valores se determina que el número de dientes que requiere el piñón es de 9, con un paso de 1/4".

Con los valores anteriormente calculados se da nomenclatura al piñón de cadena que es requerido, este siendo en este caso 25B9R, el 25 representando el número de la cadena, es escogido ya que es de las más livianas, y el 5 a la derecha significa que se trata de una cadena sin rodillos, la letra B representa el tipo este estilo es escogido por el fabricante INTERMEC y cuenta con una manzana la cual es necesaria para el diseño propuesto. El 9 identifica el número de dientes del piñón y la R especifica que este tipo de piñón cuenta con una ranura.

Para el diseño del eje del piñón se hace el cálculo por torsión, para esto se tiene en cuenta el torque (T), fuerza (F) y radio del piñón (r), determinado por la siguiente ecuación, Ec. [5]

$$T = F * r \quad \text{Ec. [5]}$$

Ahora se halla el esfuerzo cortante máximo en el eje, que es producido en la superficie externa ( $\tau_{m\acute{a}x}$ ) de la siguiente ecuación, Ec. [6]

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{T * c}{J} \quad \text{Ec. [6]}$$

Donde, J es el momento polar de inercia, y c es el radio exterior del eje, como deseamos hallar el radio del eje tomamos la siguiente ecuación Ec. [7], para ser reemplazada en Ec. [6].

$$J = \frac{\pi}{2} * c^4 \quad \text{Ec. [7]}$$

Se reemplaza y queda organizada de esta forma Ec. [8]

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{T * c}{\frac{\pi}{2} * c^4}$$

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{2 * T}{\pi * c^3} \quad \text{Ec. [8]}$$

De esta ecuación se despeja c, y se determina que el radio es, según Ec. [9]

$$c = \sqrt[3]{\frac{2 * T}{\pi * \tau_{m\acute{a}x}}} \quad \text{Ec. [9]}$$

Para esto es necesario contar con la siguiente ecuación en la cual se halla el  $\tau_{m\acute{a}x}$  y así ser reemplazada en la ecuación anterior y quedando como única incógnita el radio del eje. Ec. [10]

$$\eta = \frac{0.5 * S_y}{\tau} \quad \text{Ec. [10]}$$

Aquí,  $\eta$  siendo el factor de seguridad de 1.5,  $S_y$  el esfuerzo de fluencia del material en este caso del acero 1045, siendo este de 310 MPa como se puede apreciar en el anexo C.[30] Como de estos términos se conoce el  $\eta$  y el  $S_y$ , se despeja  $\tau$ , para luego reemplazar este valor en la Ec. [9] quedando de esta manera

$$\tau = \frac{0.5 * S_y}{\eta}$$

Conociendo las anteriores ecuaciones se realizan los respectivos cálculos, para determinar el radio que debe tener el eje del piñón, [31] entonces,

$$T = 186.2N * 0.0106m = 1.97 N * m$$

$$\tau = \frac{0.5 * 310 MPa}{1.5} = 103.3 MPa$$

$$103.3 MPa = 103.3 KN/m^2$$

Estos dos valores se reemplazan en la ecuación final Ec. [9]

$$c = \sqrt[3]{\frac{2 * 1.97 N * m}{\pi * 103.3 * 10^6 \frac{N}{m^2}}} = 2.29 mm$$

El eje del piñón debe contar con un radio de 2.29 mm.

Para corroborar que el eje no tendrá falla alguna al momento de ser implementado en el sistema se debe cumplir con la siguiente condición Ec. [11]

$$\frac{\theta_{manzana}}{\theta_{eje}} \geq 1.43 \quad \text{Ec. [11]}$$

Siendo el diámetro de la manzana para este piñón es de 11 mm, tomando este dato de la tabla localizada en el anexo B, entonces,

$$\frac{11 \text{ mm}}{4.59 \text{ mm}} = 2.4$$

$$2.4 \geq 1.43$$

Con esto se determina que el eje cumple con la condición de diseño y puede ser usado en el sistema de transmisión.

### 2.3.1.2 Banda transportadora

En esta sección se realizan los cálculos de la banda transportadora, en la cual se conoce la fuerza tangencial, y la potencia requerida para que el sistema funcione de manera correcta. Validando la información anteriormente expuesta.

En primera instancia se halla la fuerza tangencial ( $F_u$ ) del mecanismo, determinada por la Ec. [12].

$$F_u = \mu_t * g * \left(m + \frac{m_b}{2}\right) + \mu_r * g * \left(\frac{m_b}{2} + m_r\right) + \mu_{st} * g * m \quad \text{Ec. [12]}$$

Siendo

$\mu_t$  = Coeficiente de fricción en la mesa

$\mu_r$  = Coeficiente de fricción en el rodillo

$\mu_{st}$  = Coeficiente de fricción de acumulación

$m$  = Masa de la bicicleta

$m_b$  = Masa de la banda

$m_r = \text{Masa del rodillo}$

Para esto se debe conocer el material que tendrá la banda y así conocer los coeficientes de fricción que en ella presenta, para este caso el material es un materia en PVC tipo FEBOR 15NF, los coeficientes de estos son  $\mu_t = 0,5$ ,  $\mu_r = 0.033$  y  $\mu_{st} = 0.5$ , según la tabla 4.

Tabla 4. Coeficientes de fricción

	0, A0, E0, T, U0, P	NOVO	U1, V1, VH	UH, V2H, U2H, E0, A0, V5H, V10H
$\mu_t$ (mesa)	0,33	0,33	0,5	0,5
$\mu_r$ (rodillo)	0,033	0,033	0,033	0,033
$\mu_{st}$ (acumulación)	0,33	0,33	0,5	0,5

Fuente: [http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-06-21\\_09-06-57105684.pdf](http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-06-21_09-06-57105684.pdf)

También es necesario conocer la masa de la banda y del rodillo, la masa de la banda se calcula teniendo en cuenta el material, para este la masa es de  $2.6 \text{ Kg/m}^2$ , sacado de la tabla 5.

Tabla 5. Propiedades del material de la banda

Tipo	Cobertura superior					Impregnación Cobertura inferior			Características especiales	Temperatura en continuo (confiabilidad del producto transportado)	Tijidos		Espesor banda mm	Peso banda kg/m <sup>2</sup>	A $\pm 20^\circ\text{C}$		Carga tracción al 1% alargam. N/mm	Ancho fabric. mm
	Material	Dureza ShA	Color	Espesor mm	Acabado	Material	Color	Espesor mm			Nº de hilos	Trama			mm	mm		
FEBOR 15NF	PVC	82	Negro 01	0.50	Mate	RC	Negro 00	0,10	S ☉ w	-10 (-15) + 80 (100)	2	Rígida	2.10	2.60	40	60	15	3000
FEBOR 19NF	PVC	82	Negro 01	0.90	Mate	RC	Negro 00	0,10	S ☉ w	-10 (-15) + 80 (100)	2	Rígida	2.50	3.00	40	60	17	3000
FEBOR 20NF	PVC	82	Negro 01	1.00	Mate	RC	Negro 00	0,10	S ☉ w	-10 (-15) + 80 (100)	2	Rígida	3.00	3.60	60	80	17	3000
FEBOR 21NF	PVC	82	Negro 01	0.90	Mate	RC	Negro 00	0,10	☉ w	-10 (-15) + 80 (100)	2	Flexible	2.70	3.30	55	75	20	3000
FEBOR 22FF	RC	-	Negro 00	0.10	Impregn.	RC	Negro 00	0,10	☉ S ☉ w	-10 (-15) + 80 (100)	2	Rígida	2.40	2.85	60	60	14	3000
ASTER 15QF	PVC	55	Negro 02	1.70	Grabado Q	RC	Negro 00	0,10	S ☉ w	-10 (-15) + 80 (100)	2	Rígida	3.20	3.50	50	60	15	2-3000
ASTER 15G2F	PVC	55	Negro 02	3.70	Grabado G2	RC	Negro 00	0,10	S ☉ w	-10 (-15) + 80 (100)	2	Rígida	5.50	4.20	45	70	15	2000
ASTER 15W1F	PVC	65	Negro 02	6.00	Grabado W1	RC	Negro 00	0,10	S ☉ w	-10 (-15) + 80 (100)	2	Rígida	8.75	4.80	80	100	10	1250

Fuente: <http://image.slidesharecdn.com/labandatransportadora-120103174749-phpapp02-140408114701-phpapp01/95/analisis-y-calculos-de-la-banda-transportadora-11-638.jpg?cb=1396958008>

Con este valor ya determinado se las dimensiones de la banda se, halla la masa de la misma en la Ec. [13]

$$m_b = \text{peso por } m^2 * \text{largo banda} * \text{ancho banda} \quad \text{Ec. [13]}$$

$$m_b = 2.6 \text{ Kg}/m^2 * 7.423 \text{ m} * 0.068 \text{ m} = 1.312 \text{ Kg}$$

Para la masa del rodillo se desarrolla la Ec. [14], sabiendo que es un acero ANSI 1040, según Tabla 6.

Tabla 6. Propiedades físicas del acero

Material	Módulo de elasticidad <i>E</i>		Módulo de rigidez <i>G</i>		Relación de Poisson <i>ν</i>	Peso específico <i>γ</i> kN/m <sup>3</sup>	Densidad de masa <i>ρ</i> Mg/m <sup>3</sup>
	10 <sup>6</sup> psi	GPa	10 <sup>6</sup> psi	GPa			
Aceros al carbono y aleados	30.0	207	11.7	80.8	0.28	76	7.8
Aceros inoxidables	27.5	190	10.7	74.1	0.28	76	7.8
Fundición de hierro gris	**	**	5.9	40.4	0.27*	71	7.2
Fundición de hierro dúctil	24.5	169	9.4	65.0	0.30	68	6.9
Fundición de hierro maleable	25.0	172	9.6	66.3	0.30	71	7.3
Aleaciones de aluminio	10.4	72	3.9	26.8	0.34	27	2.8
Aleaciones de magnesio	6.5	45	2.4	16.8	0.33	18	1.8
Aleaciones de titanio	16.5	114	6.2	42.4	0.34	43	4.4
Cobre	17.5	121	6.5	44.7	0.35	87	8.9
Cobre al berilio	18.5	128	7.2	49.4	0.29	81	8.3
Latón, bronce	16.0	110	6.0	41.5	0.33	84	8.6
Aleaciones de zinc	12.0	83	4.5	31.1	0.33	65	6.6
Aleaciones de níquel	30.0	207	11.5	79.6	0.30	81	8.3
Vidrio	6.7	46	2.7	18.6	0.24	25	2.6
Madera (abeto Douglas)	1.6	11	0.6	4.1	0.33	4.3	0.44

\* Las propiedades de un material particular pueden diferir mucho de las dadas para una familia de materiales.

\* Al consultar varias fuentes se encuentran discrepancias significativas en este valor: desde 0.21 hasta 0.28.

\*\* Véase la tabla A-3.4.

Fuente: <http://www.utp.edu.co/~lvanegas/disl/Apendices.pdf>

$$m_r = \text{densidad material} * \text{volumen} \quad \text{Ec. [14]}$$

$$\rho = 7860 \text{ Kg}/m^3$$

$$v = \frac{\pi}{4} ((11 * 10^{-3})^2 - (6.35 * 10^{-3})^2) * (68 * 10^{-3})$$

$$m_r = (7860 \text{ Kg}/m^3) * \frac{\pi}{4} ((11 * 10^{-3})^2 - (6.35 * 10^{-3})^2) * (68 * 10^{-3}) = 0.034 \text{ Kg}$$

Teniendo todos los valores, se realiza la Ec. [12].

$$F_u = 0.5 * 9.81 * \left(15 + \frac{1.312}{2}\right) + 0.033 * 9.81 * \left(\frac{1.312}{2} + 0.034\right) + 0.5 * 9.81 * 15$$

$$F_u = 150.59 \text{ N}$$

Obteniendo que la fuerza tangencial de la banda es de 150.6 N.

Conociendo este valor se puede determinar la potencia que debe en el tambor motriz, desarrollando la Ec. [15]

$$P_A = \frac{F_u * v}{1000} \quad \text{Ec. [15]}$$

$$P_A = \frac{150.59 * 0.308}{1000} = 0.046 \text{ Kw}$$

Posterior a esto se realiza el cálculo para determinar la potencia del motor, Ec. [16]

$$P_M = \frac{P_A}{\eta} \quad \text{Ec. [16]}$$

$$P_M = \frac{0.046}{0.85} = 0.054 \text{ Kw}$$

Se tiene que el valor del motor es de 0.072 HP, y como anteriormente se describe que el motor escogido para el desarrollo es de ¼ HP es decir que el sistema tendrá un funcionamiento favorable. [32]

Por otro lado para conocer el tiempo de vida útil que tiene el eje de la banda se realiza el cálculo por falla a la fatiga. [33]

El eje es de un material Acero 1040, conociendo esto, se determina la resistencia última o resistencia a la tensión ( $S_{ut}$ ) en la tabla 7.



Tabla. 7. Resistencias mínimas a la tensión y a la fluencia

1	2	3	4	5	6	7	8
UNS núm.	SAE y/o AISI núm.	Procesamiento	Resistencia a la tensión, MPa (kpsi)	Resistencia a la fluencia, MPa (kpsi)	Elongación en 2 pulg. %	Reducción en área, %	Dureza Brinell
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)	30	55	86
		CD	330 (48)	280 (41)	20	45	95
G10100	1010	HR	320 (47)	180 (26)	28	50	95
		CD	370 (53)	300 (44)	20	40	105
G10150	1015	HR	340 (50)	190 (27.5)	28	50	101
		CD	390 (56)	320 (47)	18	40	111
G10180	1018	HR	400 (58)	220 (32)	25	50	116
		CD	440 (64)	370 (54)	15	40	126
G10200	1020	HR	380 (55)	210 (30)	25	50	111
		CD	470 (68)	390 (57)	15	40	131
G10300	1030	HR	470 (68)	260 (37.5)	20	42	137
		CD	520 (76)	440 (64)	12	35	149
G10350	1035	HR	500 (72)	270 (39.5)	18	40	143
		CD	550 (80)	460 (67)	12	35	163
G10400	1040	HR	520 (76)	290 (42)	18	40	149
		CD	590 (85)	490 (71)	12	35	170
G10450	1045	HR	570 (82)	310 (45)	16	40	163
		CD	630 (91)	530 (77)	12	35	179
G10500	1050	HR	620 (90)	340 (49.5)	15	35	179
		CD	690 (100)	580 (84)	10	30	197
G10600	1060	HR	680 (98)	370 (54)	12	30	201
G10800	1080	HR	770 (112)	420 (61.5)	10	25	229
G10950	1095	HR	830 (120)	460 (66)	10	25	248

Fuente: Diseño en ingeniería mecánica de Shingley

Conociendo que la resistencia ultima de este material es de 590 MPa, se halla el límite de resistencia a la fatiga  $S'_e$  en la Ec. [17]

$S_y =$  Resistencia a la fluencia

$$S'_e = 0.5 * S_{ut} \quad \text{Ec. [17]}$$

$$S'_e = 0.5 * 590 \text{ Mpa} = 295 \text{ Mpa}$$

Para ajustar el límite de resistencia a la fatiga ( $S_e$ ) por medio de correcciones sustractivas o multiplicativas se resolvió mediante la ecuación de Marín, Ec. [18]

$$S_e = (K_a) * (K_b) * (S'_e) \quad \text{Ec. [18]}$$

Para esto es necesario conocer, factor de modificación de la condición superficial ( $K_a$ ), en la Ec. [19] y factor de modificación del tamaño ( $K_b$ ) en la Ec. [20]

$$K_a = a * (S_{ut})^b \quad \text{Ec. [19]}$$

$$K_b = 1.24 * d^{-0.107} \quad \text{Ec. [20]}$$

Para resolver esto es necesario conocer las constantes a y b, sacadas de la tabla 8.

Tabla 8. Parámetro factor de modificación

Acabado superficial	Factor $a$		Exponente $b$
	$S_{ut}$ kpsi	$S_{ut}$ MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o estirado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

Fuente: Diseño en ingeniería mecánica de Shingley

$$a = 4.51$$

$$b = -0.265$$

Se desarrolla y se obtiene que

$$K_a = 4.51 * (295)^{-0.265} = 0.83$$

$$K_b = 1.24 * (6.35)^{-0.107} = 1.017$$

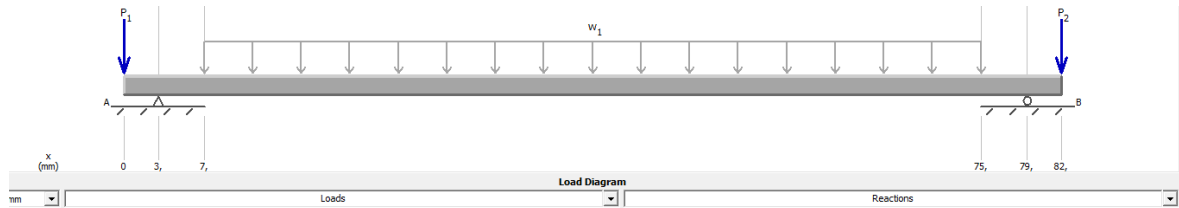
$$K_c = K_d = K_e = K_f = 1$$

$$S_e = (0.83) * (1.017) * (295) = 249.13 \text{ MPa}$$

Para conocer los ciclos que tiene de vida el eje se realiza en MdSolids el diagrama de cuerpo libre del eje tanto de la carga mínima (figura 23), como de la carga máxima (figura 25), ya que las cargas aplicadas a este son fluctuantes, estas cargas siendo esta de 39.24 N/m y 186.39 N/m respectivamente y dos cargas

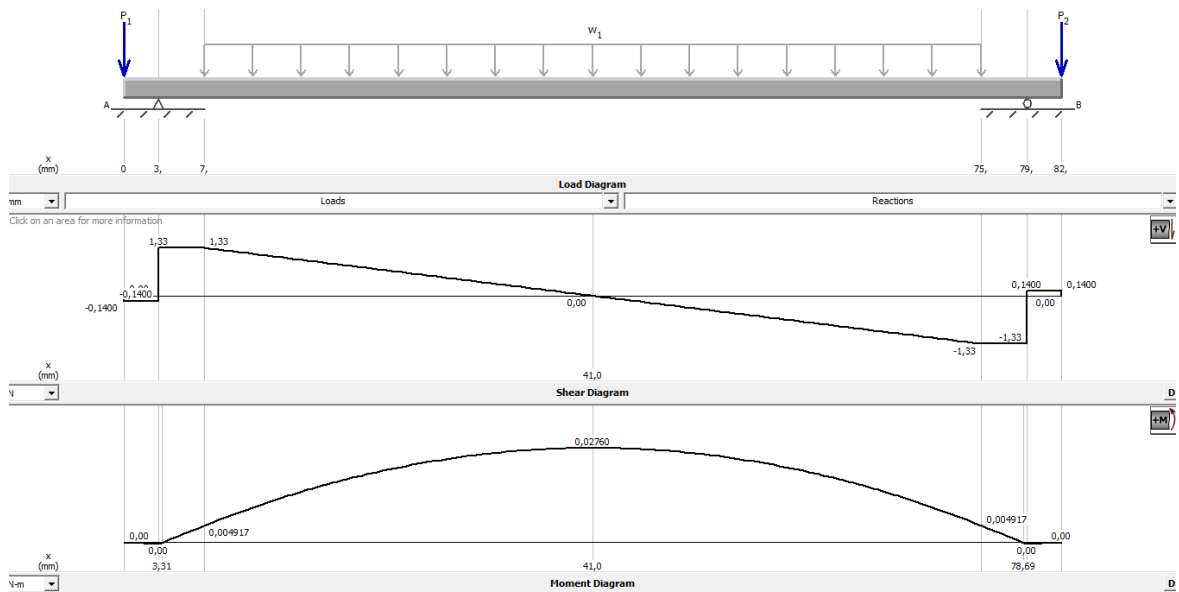
puntuales representativas al peso de los piñones de 0.14 N obteniendo los diagrama de momento flector y fuerza cortante, figura 24 y figura 26.

Figura 23. Diagrama de cuerpo libre del eje con carga mínima



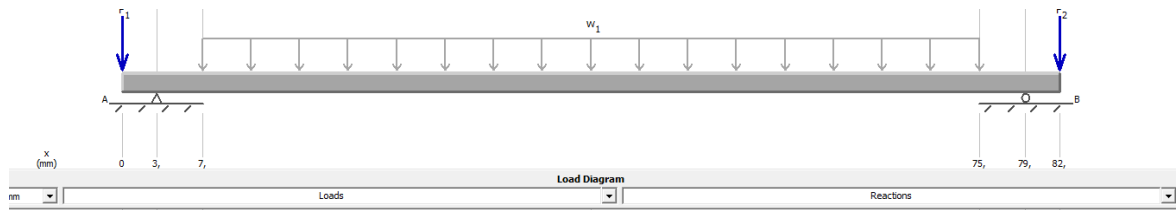
Fuente: Autores

Figura 24. Diagrama momento flector y fuerza cortante del eje con carga mínima



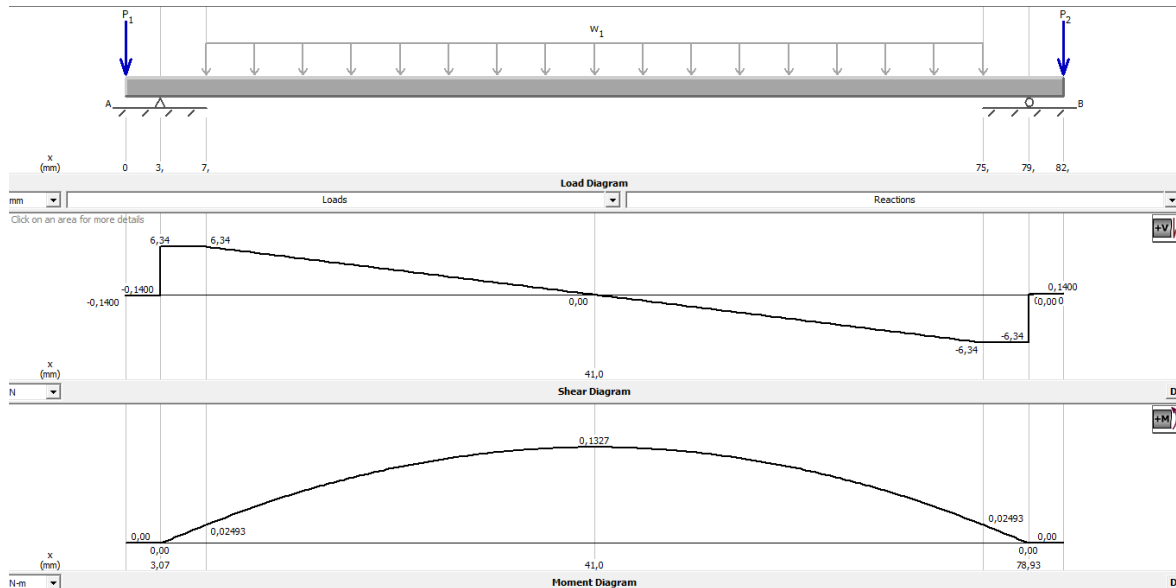
Fuente: Autores

Figura 25. Diagrama de cuerpo libre del eje con carga máxima



Fuente: Autores

Figura 26. Diagrama momento flector y fuerza cortante del eje con carga máxima



Fuente: Autores

Obteniendo que el momento flector máximo de la carga mínima es 0.027 N\*m y el momento flector máximo de la carga máxima es de 0.13 N\*m, debido a que es necesario conocer la vida de dicho elemento se toma el valor máximo para desarrollar los cálculos; se determina el módulo de sección en la Ec. [21]

$$\frac{I}{c} = \frac{\pi * d^3}{32} \quad Ec. [21]$$

$$\frac{I}{c} = \frac{\pi * 6.35^3}{32} = 25.13 \text{ mm}^3$$

Suponiendo que la vida es infinita se resulte la Ec. [22], siendo N el número de ciclos y  $\sigma$  el esfuerzo flexionante reversible Ec. [23]

$$N = \left(\frac{\sigma}{a}\right)^{1/b} \quad \text{Ec. [22]}$$

$$\sigma = K_f * \frac{M}{\frac{I}{c}} \quad \text{Ec. [23]}$$

$$\sigma = 1 * \frac{0.13}{25.13 * 10^{-6}} = 5.17 \text{ KPa}$$

Este esfuerzo es menor que  $S_e$  y que  $S_y$ , es decir que tiene una vida infinita. Sin embargo se realizan los cálculos para conocer el tiempo que tiene ese eje de vida útil. Para esto es necesario hallar las constantes a en la Ec. [24] y b en la Ec. [25]

$$a = \frac{(f * S_{ut})^2}{S_e} \quad \text{Ec. [24]}$$

$$a = \frac{(0.87 * 590)^2}{249.13} = 1057.59 \text{ MPa}$$

$$b = -\frac{1}{3} \log\left(\frac{f * S_{ut}}{S_e}\right) \quad \text{Ec. [25]}$$

$$b = -\frac{1}{3} \log \frac{0.87 * 590}{249.13} = -0.104$$

Reemplazando los valores anteriores

$$N = \left(\frac{3.48}{1057.6}\right)^{1/-0.104} = 7.64 (10^{23})$$

Se determina que la vida del eje es de  $7.64 (10^{23})$  *ciclos*

Se hace una estimación de que todos los días del año el parqueadero, es usado por 69 usuarios, como el sistema debe transportar la bicicleta adentro del estacionamiento y debe volver a su posición inicial se toma esto como 2 ciclos, sin embargo para la entrega se requiere del mismo proceso, se dice que el sistema deberá realizar 4 ciclos con cada de las 69 bicicletas entonces se tiene que

$$69 * 4 = 276 \frac{\text{ciclos}}{\text{dia}}$$

Y en un año el número de ciclos es de

$$\frac{7.46 * 10^{23}}{276} = 2.7 * 10^{21}$$

$$\frac{2.7 * 10^{21}}{365} = 7.4 * 10^{18}$$

Con esta relación se valida el cumplimiento de la vida infinita del eje.

### **2.3.2 Cálculos de la Estructura**

En esta sección se dan a conocer los cálculos realizados para determinar las características de la estructura como lo son su material y su perfil a partir de las fuerzas que serán ejercidas sobre ella. Para esto es necesario considerar que el peso máximo que debe soportar es de 67 kg con un factor de seguridad de 1.5, ya que esta parte de la estructura está expuesta a que los usuarios se apoyen o generen una presión sobre ella, provocando así una deformación.

#### **2.3.2.1 Sistema de sujeción**

El sistema de sujeción implementado es por medio de actuadores, los cuales están ubicados bajo el perfil, los actuadores son escogidos por su funcionamiento, en este caso es necesario un actuador de vástago doble, cuadrado antigiro. En el anexo E, se verifica las especificaciones del elemento seleccionado, siendo este de referencia 156776 ADVULQ-20-25-A-P-A, con este actuador seleccionado se

identifican las dimensiones y peso, las cuales se tendrán en cuenta al momento del diseño del perfil de la viga. Se escoge este actuador con una carrera de 25mm porque es la distancia máxima que debe recorrer para sostener la cicla con mejor espesor de llanta, siendo esta de 32 mm. [34]

### 2.3.2.2 Material propuesto para el perfil

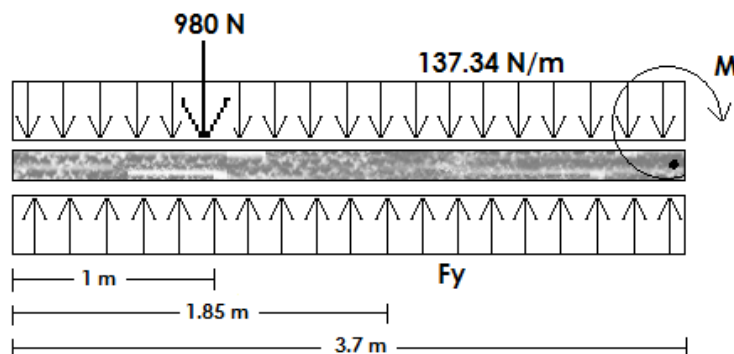
Entre tantos materiales existentes en la actualidad se considera que el Acero A-36 es el más adecuado para la fabricación de esta estructura.

El Acero A-36 denominación establecida por la ASTM (American Society for Testing and Materials), es el material escogido como sugerencia para la construcción de la estructura, este acero estructural con carbono, usado para la fabricación de estructuras como edificios y puentes, es de buena soldabilidad. [35]

### 2.3.2.3 Perfil Estructural de la Viga

Como se muestra en la figura 27, la viga de 3.7 m cuenta con una carga puntual de 980 N, correspondientes al peso máximo de la persona que podrá apoyarse en la estructura, como esta fuerza se encuentra en una posición crítica, podrá hacer que el perfil tenga un movimiento, de esta forma se genera un momento en sentido contrario para poner en equilibrio las cargas. También hay dos cargas distribuidas, la que se localiza en la parte superior pertenece al peso distribuido de la viga estructural y la de la parte inferior la reacción que estas dos ejercen sobre el apoyo, que en este caso es el suelo, para determinar el valor y de esta carga y del momento se realiza una sumatoria de fuerzas y de momentos. [36]

Figura 27. Carga distribuida de la viga



Fuente: Autores

$$\sum F_y = -980 - 508.15 + F_y = 0$$

$$F_y = 1488.15 \text{ N}$$

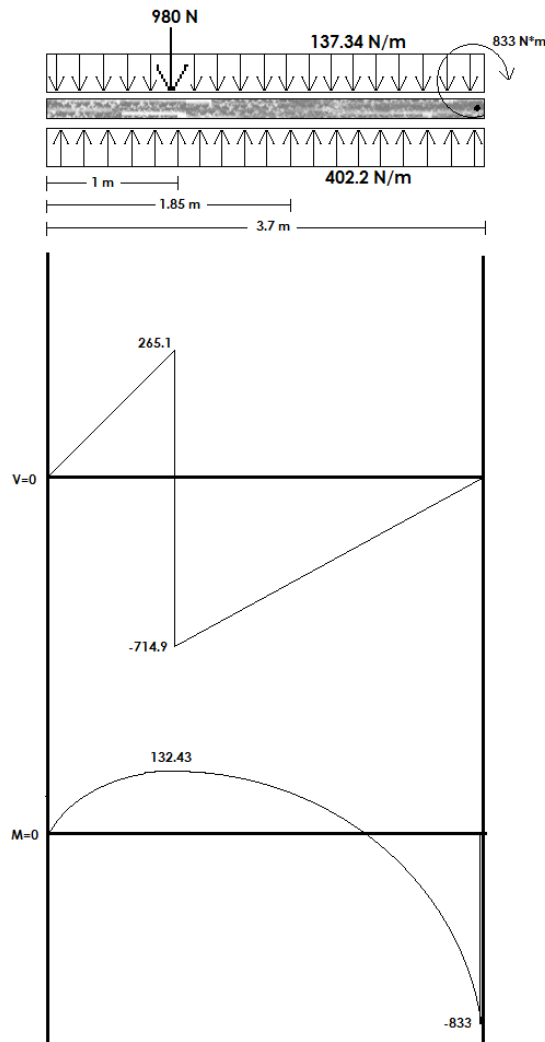
$$F_y = 402.2 \text{ N/m}$$

$$\sum M = -M - 980(1) - 508.15(1.85) + 1488.15(3.7) = 0$$

$$M = 833 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Se realiza el diagrama de momento flector y fuerza cortante. Como se muestra en la figura 28.

Figura 28. Diagrama momento flector y fuerza cortante de la viga



Fuente: Autores



Obteniendo así el momento flector  $M_{max} = 833 \text{ N} * \text{m}$  y fuerza cortante  $V_{max} = 714.9 \text{ N}$ .

El módulo de sección requerido para la viga se determina a partir de la fórmula de la flexión, Ec. [26]. Conociendo que el esfuerzo  $\sigma$  del acero A-36 es de 250 Mpa y  $\tau$  es 145 MPa

$$S = \frac{M_{max}}{\sigma} \quad \text{Ec. [26]}$$

$$S = \frac{833 \text{ N} * \text{m}}{250 * 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}} = 3.332 * 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$S = 3.332 * 10^{-6} \text{ m}^3 * \left( \frac{1000 \text{ mm}}{1 \text{ m}} \right)^3 = 3332 \text{ mm}^3$$

$$S = 3.33 * 10^3 \text{ mm}^3$$

Usando el anexo F, las siguientes vigas son las adecuadas, escogiendo un perfil en I ya que cuentan con las medidas necesarias partiendo del diseño propuesto:

$$W150x14 \quad S = 91.2 * 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W150x18 \quad S = 120 * 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W150x22 \quad S = 159 * 10^3 \text{ mm}^3$$

Se elige el perfil con menor peso por metro, es decir, W150x14

Ya teniendo este valor puede calcularse el momento máximo real  $M_{max}$ , el cual tiene en cuenta el peso de la viga y se verifica con la seleccionada para conocer si es conveniente usarla.

El peso de la viga en este caso es de 14 kg/m por el largo de la viga que es de 3.7 m, correspondiendo esto a:

$$(14 \text{ Kg/m}) * (3.7 \text{ m}) = 51.8 \text{ Kg}$$

Con esto se sabe que no hay un incremento significativo a  $S_{req}$

También se debe hacer una verificación del esfuerzo cortante Ec. [27], Como la viga tiene una sección en I, teniendo que  $A = 1730 \text{ mm}^2$

$$\tau = \frac{v_{max}}{A} \quad \text{Ec. [27]}$$

$$\tau = \frac{714.9 \text{ N}}{1.73 \text{ m}^2} = 0.41 \text{ KN/m}^2$$

$$0.41 \text{ KN/m}^2 = 0.00041 \text{ MPa}$$

$$\tau_{adm} = 0.00041 \text{ MPa} < 145 \text{ MPa}$$

Con estos datos verificados por medio de los cálculos anteriores se asume que el material y el perfil propuestos son aptos para el uso de la estructura.

## 2.4 DISEÑO Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL Y VISUALIZACIÓN

El desarrollo de todo el sistema de control y visualización se realiza por medio de un PLC (Controlador Lógico Programable) ya que este dispositivo comparado con los otros controladores a nivel industrial es el más robusto para este tipo de aplicación, además este dispositivo electrónico sustituye los circuitos auxiliares o de mando de lógica cableada. El PLC es un dispositivo que se recibe señales de entrada provenientes del sistema como son sensores, finales de carrera, pulsadores, entre otros. De acuerdo a las condiciones de programación se conectan las salidas las cuales me permiten accionar los diferentes actuadores tales como testigos, contactores de potencia, bobinas de electroválvulas.

Para determinar el PLC que cumpla con las necesidades del proyecto se realiza una comparación de las características y diferentes marcas en el mercado de estos dispositivos, entre los parámetros requeridos se encuentran las entradas que para este caso es de 16 entradas digitales y puertos de salida de mínimo 14 salidas digitales.

Se hace una comparación entre el PLC Siemens S7-200 anexo H, y el PLC Festo CPX 197330, anexo I, cumpliendo estos dos con las condiciones de los puertos anteriormente nombrados, y siendo estos dos modulares, es decir se pueden conectar más de uno de ellos si son requeridos más puertos, sin necesidad de una fuente propia.

Después de haber considerado las dos opciones el PLC sugerido es el Festo CPX ya que el software de simulación no trabaja con dispositivos Siemens y al momento de ser implementados podría no funcionar por su distinción de programación.

Para la simulación del sistema de control se emplea el siguiente software, FluidSIM, CoDeSys y el Start EzOPC el cual es un servidor OPC. El OPC es una aplicación de software (driver) que hace de interfaz una fuente de datos (típicamente PLCs, DCSs, básculas, Módulos I/O, controladores, etc.) utilizando sus protocolos nativos con Clientes OPC (típicamente SCADAs, HMIs, generadores de informes, generadores de gráficos, aplicaciones de cálculos, etc.). En una arquitectura Cliente OPC/ Servidor OPC, el Servidor OPC es el esclavo mientras que el Cliente OPC es el maestro. Las comunicaciones entre el Cliente OPC y el Servidor OPC son bidireccionales, lo que significa que los clientes pueden leer y escribir en los dispositivos a través del Servidor OPC. CoDeSys también se selecciona como programa para realizar el sistema de visualización, es decir, en donde se puede observar mediante la simulación qué rieles se encuentran disponibles para guardar el vehículo.

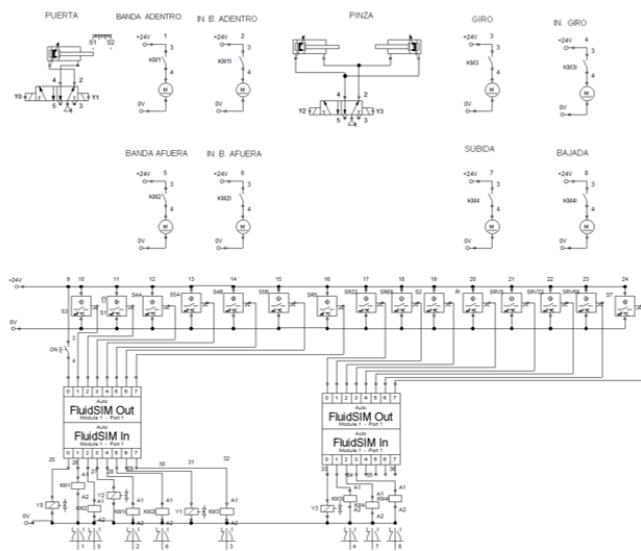
#### **2.4.1 Diseño del Sistema Control**

La realización del sistema de control del parqueadero como anteriormente se expresa es en FluidSIM con una conexión en línea con CoDeSys, a través del servidor OPC, para la selección de los elementos que van conectados al PLC y cada uno de los elementos que van involucrados en él cómo entradas y salidas.

### 2.4.1.1 Configuración de los elementos en FluidSim

Arrastrando al plano los módulos FluidSim In Port y FluidSim Out Port desde la librería EasyPort/OPC/DDE. Estos módulos se conectan al PLC virtual por medio del servidor OPC y actúan como el PLC dentro de FluidSim. Es importante tener en cuenta que el módulo FluidSim Out lleva los datos desde FluidSim hacia el servidor OPC, por tanto, en FluidSim interactúa con las señales de entrada. El módulo FluidSim In trae los datos desde el servidor OPC, por tanto, trae las señales de control generadas por Codesys, esto se muestra en la figura 29.

Figura 29. Conexión de los elementos con el PLC.



Fuente: Autores

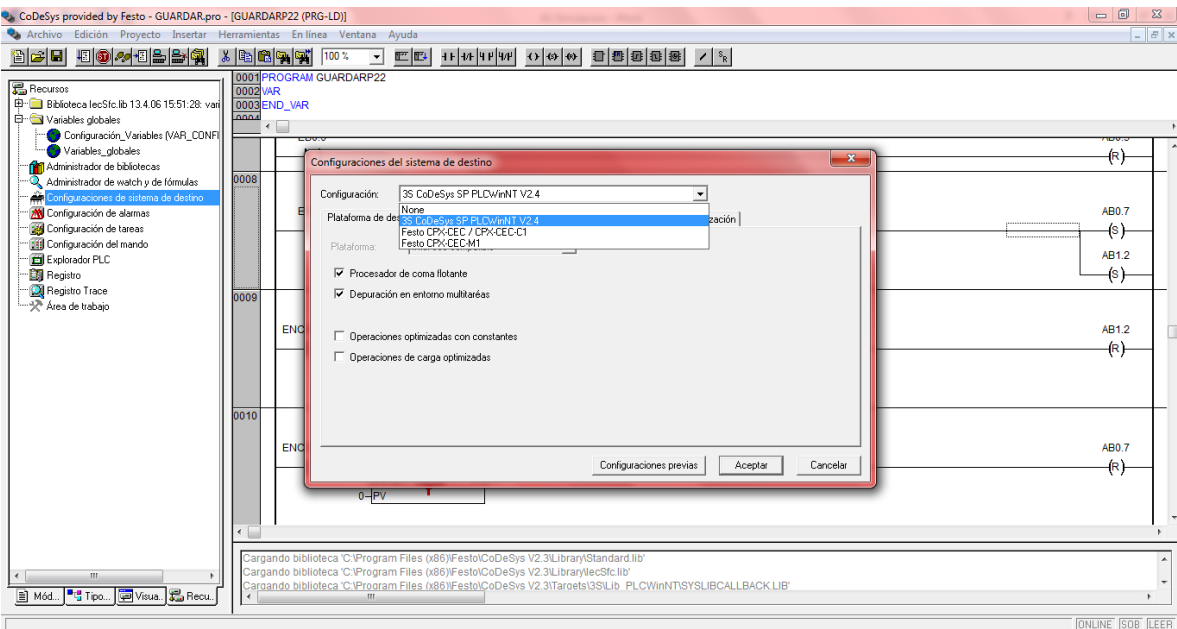
En la figura 29 se encuentra la ilustración del sistema de control del estacionamiento realizada en FluidSim, en este diagrama se pueden observar los cuatro motores con los que cuenta el sistema, entre ellos dos motores de la banda transportadora interna y externa, un motor que realiza el giro de la plataforma y por último el que realiza el ascenso y descenso de la plataforma interna, el sistema de inversión de cada uno de ellos se encuentra representado como un motor independiente ya que en FluidSim es dispendioso realizar la inversión de giro del motor en un mismo elemento. A su vez se encuentran tres elementos conocidos como electroválvulas las cuales corresponden una al sistema de apertura y cierre de la puerta y las otras dos a las pinzas localizadas en el interior del parqueadero, las cuales permiten agarrar la llanta delantera de la bicicleta y mantenerla firme mientras es desplazada de una plataforma a otra. En la parte inferior de la imagen se da a conocer la conexión que tienen cada uno de los

elementos con el PLC, los elementos en su mayoría son sensores, en este caso sensores de proximidad, y un interruptor que da inicio a todo el proceso. En las salidas se encuentran los elementos como motores o electroválvulas anteriormente nombrados.

#### **2.4.1.2 Configuración del Sistema en CoDeSys**

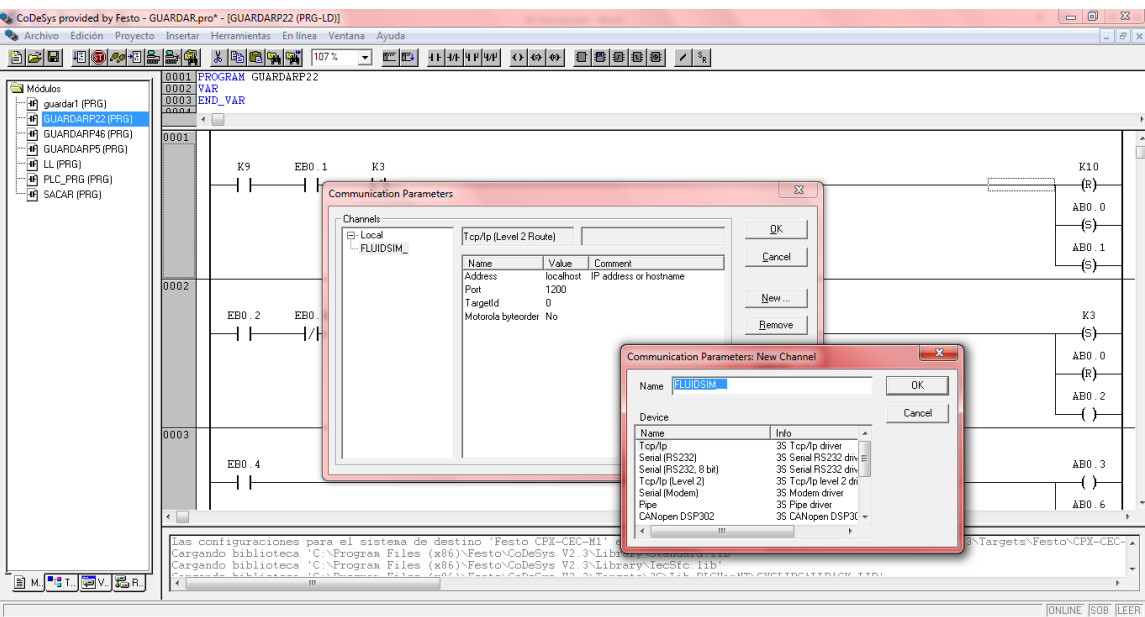
Para la configuración del sistema de control en la plataforma inicialmente se debe escoger el tipo de controlador, para este caso como la simulación se realiza virtualmente se escoge el controlador 3S CoDeSys SP PLCWinNT V2.4. En CoDeSys también es necesario verificar los parámetros de comunicación que hay entre este programa y el programa de simulación. Para conseguir esto se debe entrar a la opción “En línea” ubicada en la parte superior de la ventana y dar clic en la opción “parámetros de comunicación”, allí se abrirá una ventana en la cual indica en qué canal se encuentra disponible la comunicación de simulación, para este caso debe estar como ruta principal Tcp/Ip (Level 2/Route), El siguiente paso es configurar la plataforma para que permita exportar las variables globales. En el menú *Project* entramos a la opción *Options* y seleccionamos *Symbol Configuration*. Marcamos la opción *Dump Symbol entries*. Una vez realizado el paso anterior en la misma ventana entramos a la opción *Configure Symbol File*, seleccionamos el menú *Global Variables* y se activa la opción *Export Variables of Object*. Aceptamos todos los cambios hasta salir a la pantalla principal de la plataforma este proceso tal cual se muestra en las siguientes figuras. [41]

Figura 30. Configuración del sistema en CoDeSys.



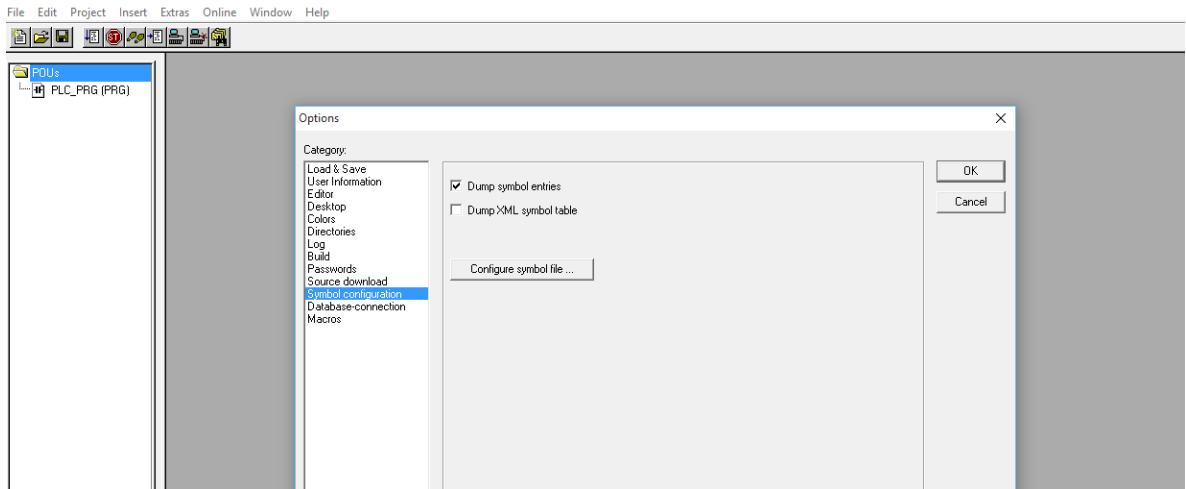
Fuente: Autores

Figura 31. Parámetros de Comunicación de CoDeSys.



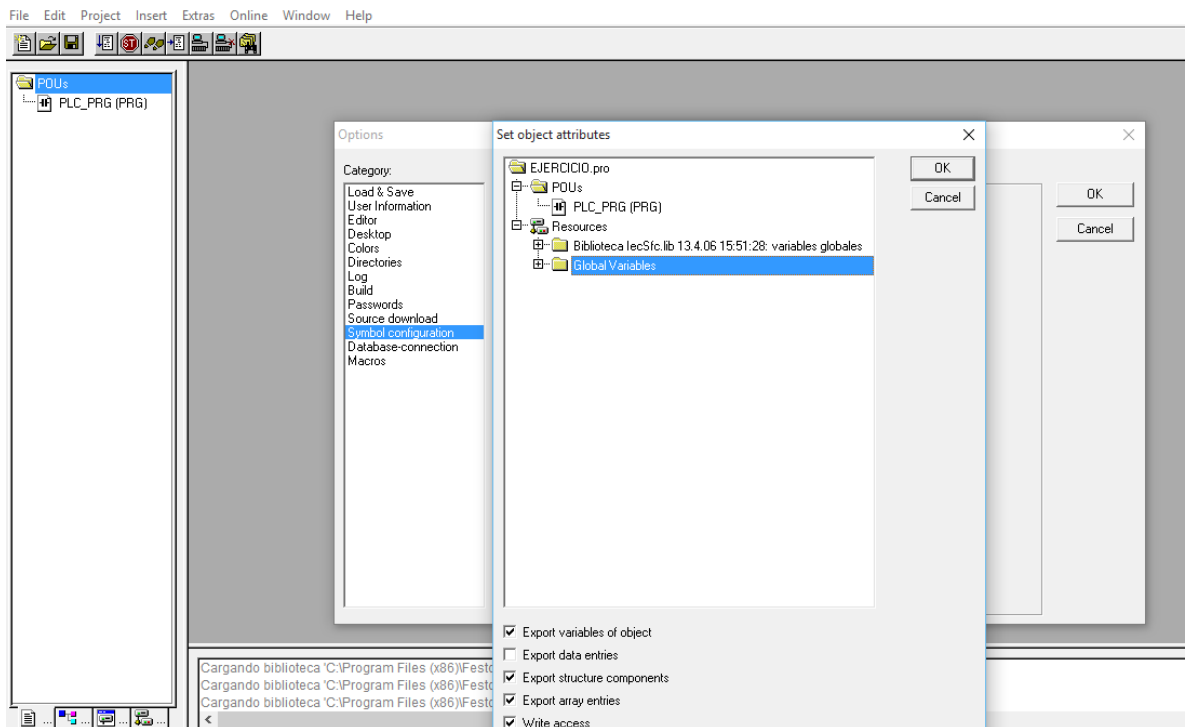
Fuente: Autores

Figura 32. Configuración CoDeSys.



Fuente: Autores

Figura 33. Configuración CoDeSys.



Fuente: Autores

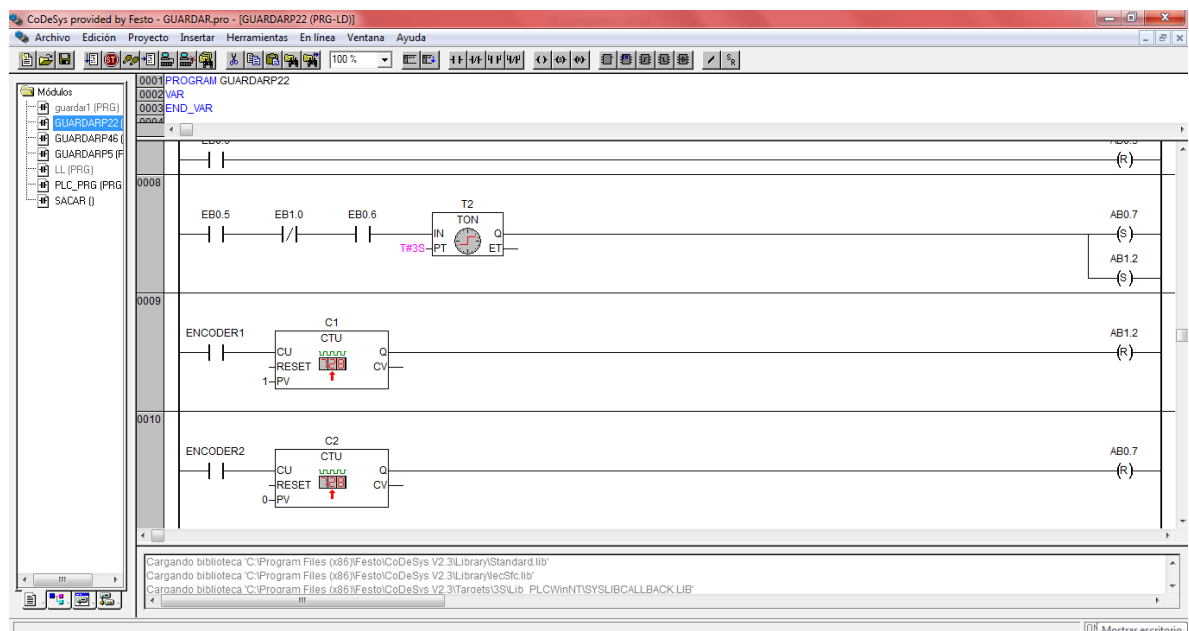
## 2.4.2 Diseño de los Programas de Control

Como se había mencionado en los ítems anteriores, se escogió un controlador lógico programable para el sistema de control para el parqueadero de bicicletas, lo que conlleva a realizar un programa que cumpla con las necesidades del diseño propuesto a nivel de diseño mecánico y eléctrico.

El tipo de lenguaje que se utilizó para diseñar los programas en la plataforma CoDeSys fue el lenguaje Ladder o lenguaje de contactos, ya que este se considera el lenguaje universal y cualquier PLC independiente de la marca o características técnicas lo debe manejar.

A continuación se muestra la figura 34 donde se enseña parte de uno de las subrutinas del parqueadero. En el anexo K se encuentra el diagrama de flujo donde se ilustra la rutina completa del sistema.

Figura 34. Programa desarrollado en CoDeSys.



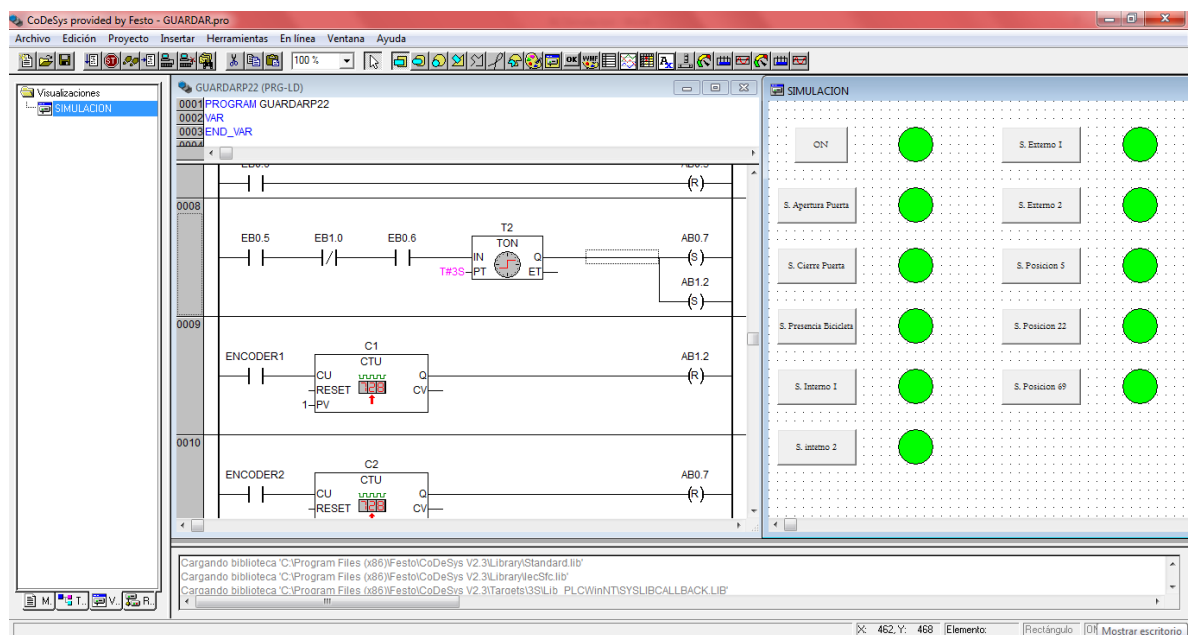
Fuente: Autores



### 2.4.3 Sistema de Supervisión y Visualización

El sistema de supervisión y visualización se realiza en el mismo programa de control es decir CoDeSys, pero con otra aplicación, se desarrolla un programa en el cual se especifica qué estacionamiento está desocupado para guardar la bicicleta entrante y un operario dará la orden al sistema para que realice la subrutina diseñada para que ese espacio sea ocupado por el siguiente vehículo a guardar. En esta interfaz se diseñan unos botones, siendo cada uno de ellos la simulación de los sensores y las subrutinas de las posiciones de cada estacionamiento, al momento de elegir ese espacio envía una orden directa al programa principal desarrollado en CoDeSys, expresando a qué posición se debe dirigir tanto para guardar como para entregar el vehículo del usuario, ilustrando eso en la Figura 35.

Figura 35. Simulación en línea del sistema de supervisión.



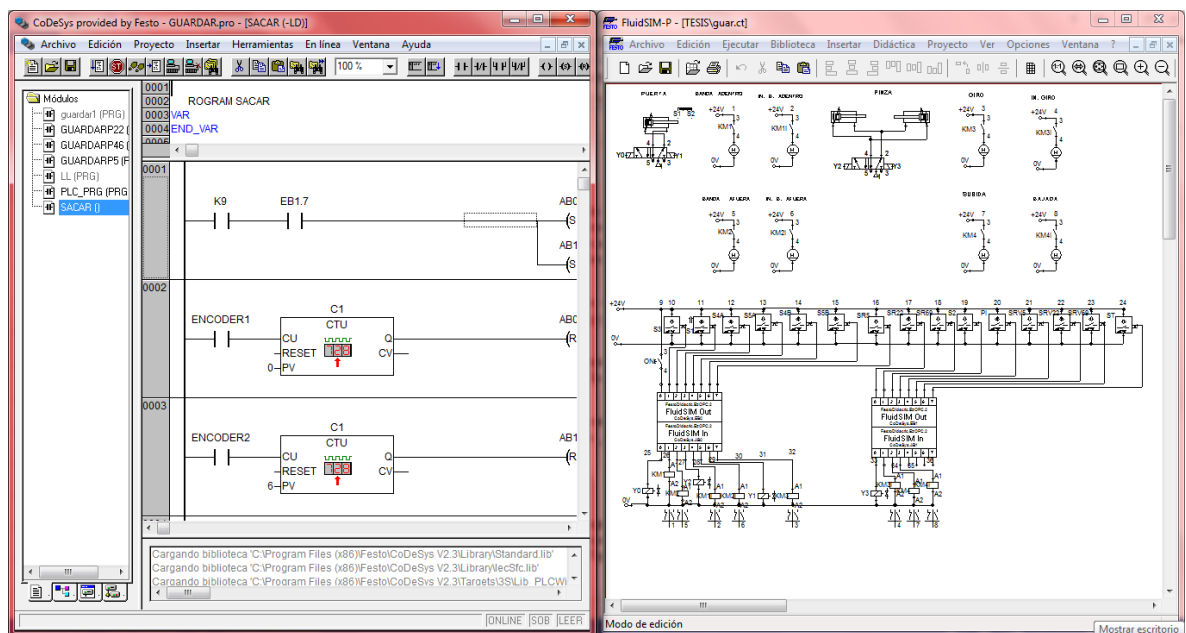
Fuente: Autores

Para efectos de los movimientos de los actuadores previamente conectados a los módulos de FluidSim In Port y FluidSim Out, La conexión entre estos dos programas es realizada en línea, para la conexión completa en línea de los dos programas es necesario tener instalado CoDeSys V 2.3, Star EzOPC 5.5, FluidSim Pneumatics V 4.2 y CoDeSys SP PLCWinNT V2.4.

A continuación, se explica de forma breve cómo se realiza la correcta conexión en línea entre los dos programas para observar finalmente la simulación de los sistemas de control.

En primera instancia, se deben abrir cada uno de los programas CoDeSys y FluidSim y en ellos los archivos correspondientes a la simulación del estacionamiento. Figura 36.

Figura 36. Programas y archivos abiertos.

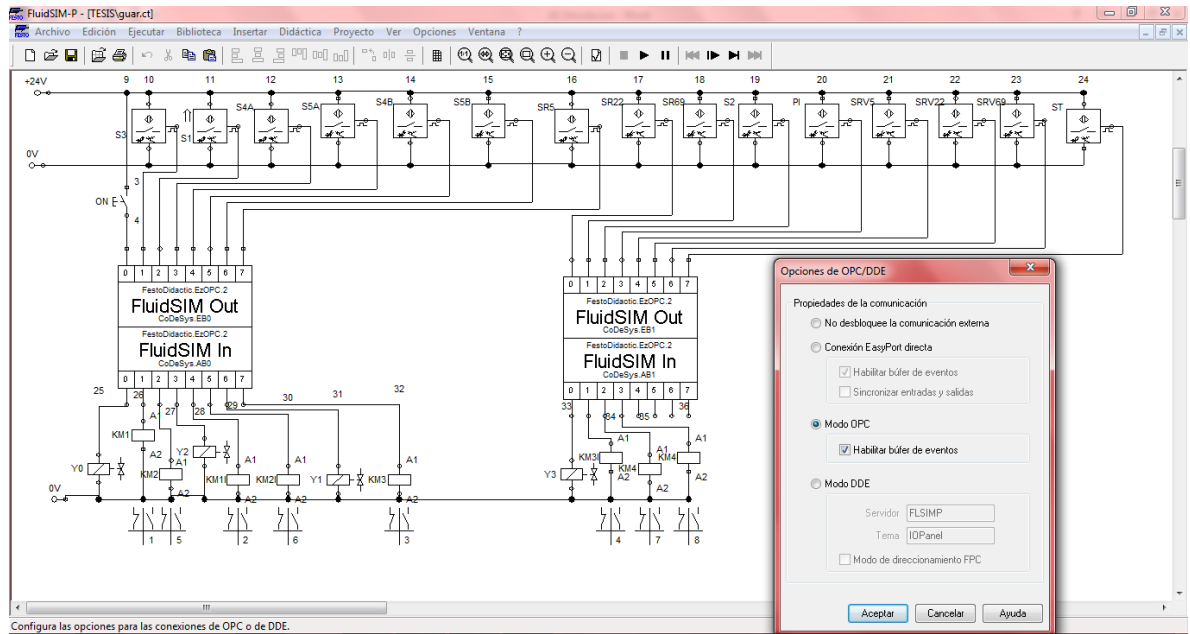


Fuente: Autores

Posteriormente para la conexión entre CoDeSys y FluidSim, Se debe dirigir a “recursos” ubicado en la parte izquierda del programa y allí ir a la opción “configuración del sistema de destino”, verificar que la configuración se encuentre en “3S CoDeSys SP PLCWinNT V2.4”.

Así mismo en FluidSim se debe ingresar a la opción “opciones” localizada en la barra y realizar una conexión OPC la cual da la conexión del PLC con CoDeSys inmediatamente, como se puede observar en la Figura 37.

Figura 37. Conexión OPC en FluidSim.

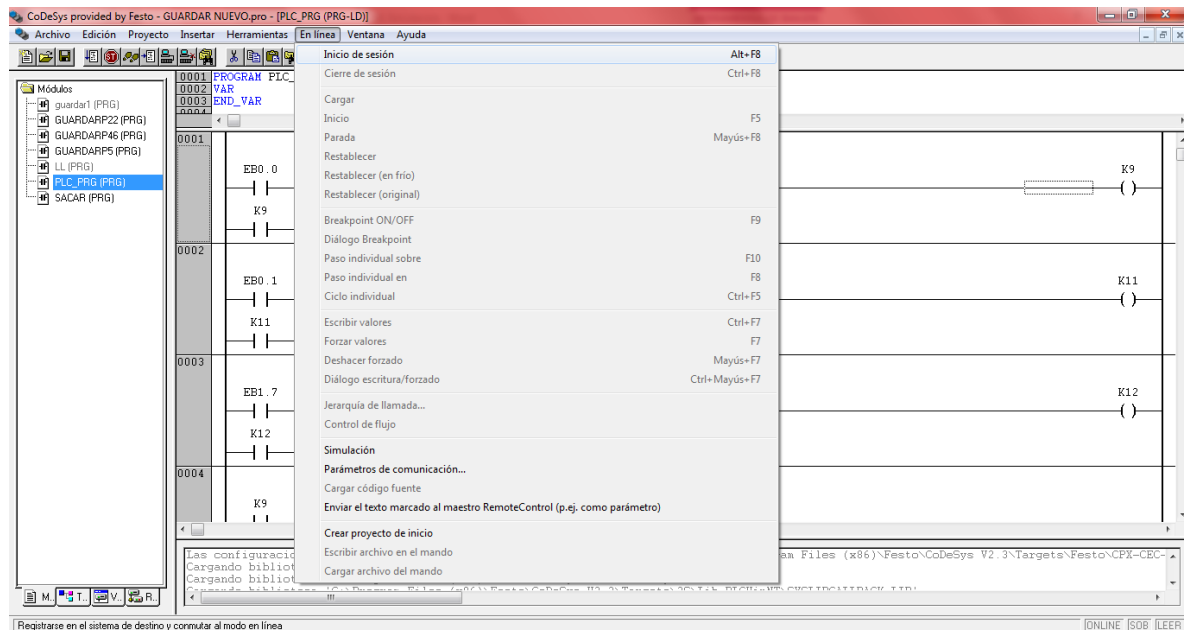


Fuente: Autores

Posterior a esto se compila el proyecto y se da el inicio de sesión ubicado en la opción En línea de la barra superior del proyecto en CoDeSys, de la misma manera debe asegurarse que la opción simulación no se encuentre activa, ya que el programa no carga en línea cuando esta se encuentra activada (figura 38), para de esta manera el programa sea cargado en la simulación, como se indica a continuación.

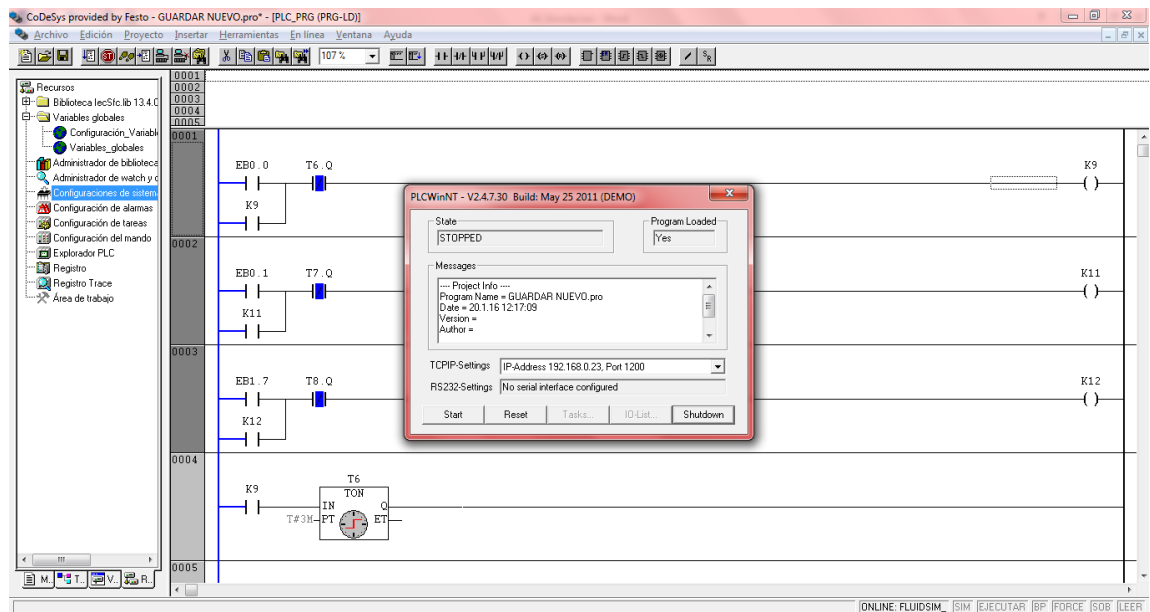
De forma seguida se realiza la conexión en línea para la correcta simulación del sistema de control del proyecto. Para ello, se debe abrir la extensión de CoDeSys, CoDeSys SP PLCWinNT V2.4, al instante se abrirá una ventana dando el aviso que en esta simulación en línea se podrán trabajar dos horas, de esta manera debe aceptarse e inmediatamente se cargara el programa a trabajar durante las dos horas permitidas a partir de ese momento. Como es observado en la figura 39.

Figura 38. Inicio de sesión Proyecto en CoDeSys.



Fuente: Autores

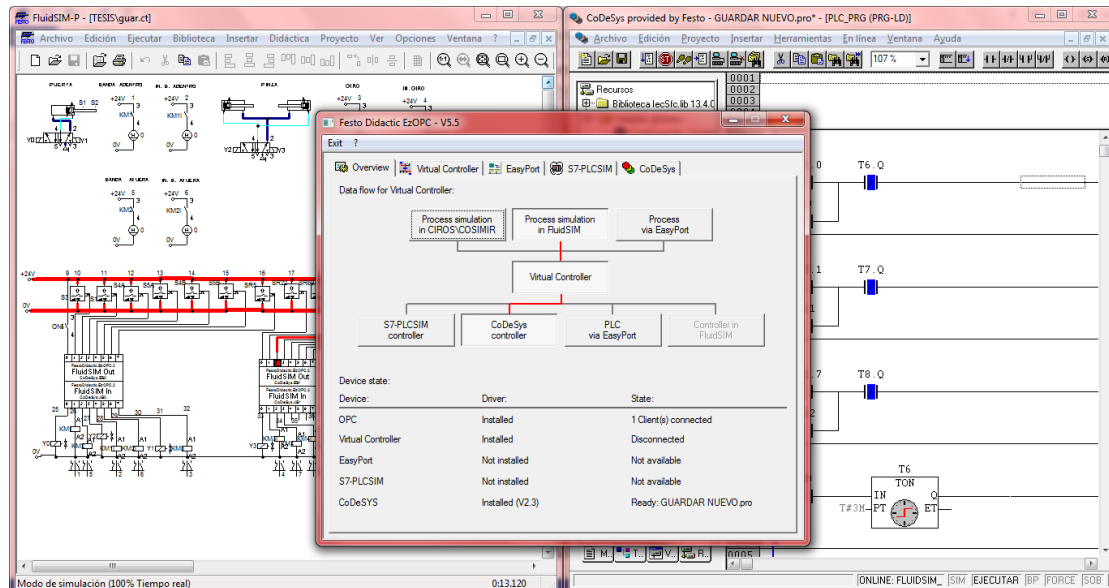
Figura 39. Simulación con CoDeSys.



Fuente: Autores

Para terminar antes de ser ejecutado el proyecto se debe abrir la extensión de Festo Didactic Star EzOPC 5.5 y verificar que todo se encuentre correctamente conectado, es decir el cliente con el servidor en OPC y CoDeSys, de esta manera Figura 40.

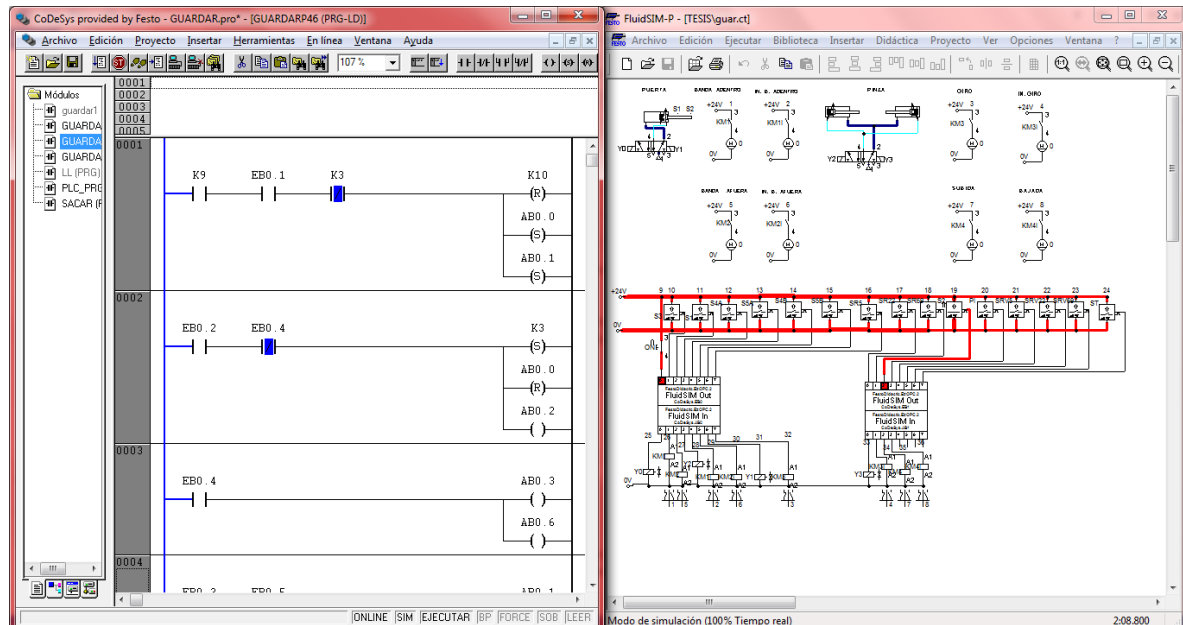
Figura 40. Verificación de la conexión.



Fuente: Autores

Finalmente se ejecuta cada uno de los proyectos en CoDeSys y FluidSim e inmediatamente se hace la ejecución simultánea de ellos dando como resultado una excelente conexión y simulación del proyecto final, en el cual dependiendo de las condiciones de entrada como sensores, da movimiento y funcionalidad a cada motor o electroválvula. Figura 41.

Figura 41. Simulación del proyecto.



Fuente: Autores

## 2.5 SIMULACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL PARQUEADERO

Para la simulación del parqueadero tanto física como de los mecanismos se estudiaron diferentes programas para su realización, entre ellos se encuentran, Autocad, solidWork y Autodesk Maya, se escoge este último como programa de diseño en el cual se realiza el planteamiento del prototipo con su respectiva simulación y renderizado.

Tabla 9. Software de Diseño 3D

Aplicaciones evaluadas.	Vigencia de la Aplicación	Plataforma Operativa	Lenguaje de programación.	Cualidades óptimas de una Aplicación para que pueda evaluar cuantitativamente la eficiencia de sombreado de sistemas de protección solar					
				Maneja objetos tridimensionales	Evalúa objetos tridimensionales (1)	Visualiza contornos de sombra sobre modelos tridimensionales	Los contornos de sombra son tangibles, permanentes y manejables	Los contornos de sombra se proyectan sobre cualquier superficie del modelo en el que recaligan.	El cálculo de las sombras puede efectuarse sobre modelos de cualquier forma.
AUTOVISION (Autodesk)	Actual	Win	C	SI	SI	SI	NO	SI	SI
RENDER (Autocad )	Actual	Win	C	SI	SI	SI	NO	SI	SI
3D STUDIO MAX	Actual	Win	C	SI	SI	SI	NO	SI	SI
TAS Builder Designer	Actual	Win	Delphi	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Amethyst ShadowsFX (CA Design Associates, 2001)	Actual	Win	desconoc.	SI	SI	SI	NO	NO	NO
Sombrero (Büchler P. et al, 1998)	1998	Win	Delphi	SI	SI	NO	NO	NO	NO
Solar 2	1998	Win	desconoc.	SI	SI	NO	NO	NO(2)	NO(3)
LuzSolar	1995	Win	Win	NO	SI	NO	NO	SI(2)	NO(3)

Fuente:[http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642005000400012](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642005000400012)

En este programa se desarrolla el diseño, el modelado y el ensamble de toda la estructura con cada una de las especificaciones determinadas después de elaborar el análisis de la casa de la calidad, de igual manera permite recrear el diseño de las bicicletas.

Para la simulación y la visualización de la propuesta se importó en Autodesk Maya el archivo anteriormente realizado, este programa permite mejorar la visualización y realizar el render que corresponde al proceso donde se genera una imagen o en este caso un video donde se genera un cálculo de iluminación a partir de un modelo en 3D, dándole realismo al proyecto, ya que se simula el sistema completo desde que el usuario llega al estacionamiento a guardar su vehículo, hasta que este mismo se encuentre en la posición designada.

Figura 42. Ingreso del vehículo al estacionamiento.



Fuente: Autores

Figura 43. Estacionamiento del vehículo en posición designada.



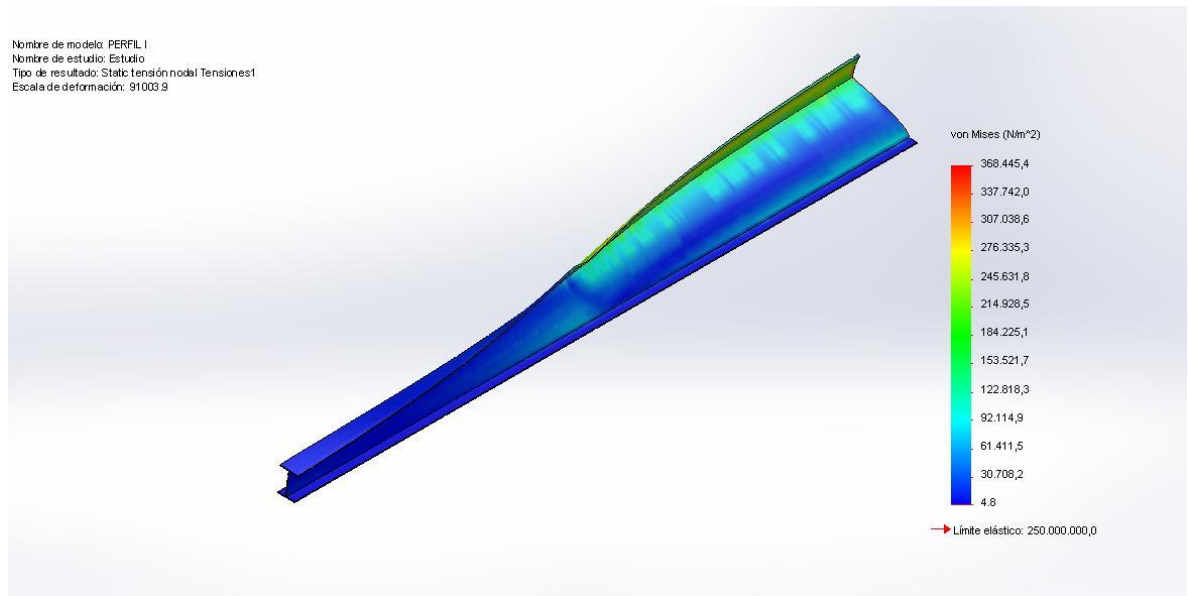
Fuente: Autores



### 3 VALIDACIÓN

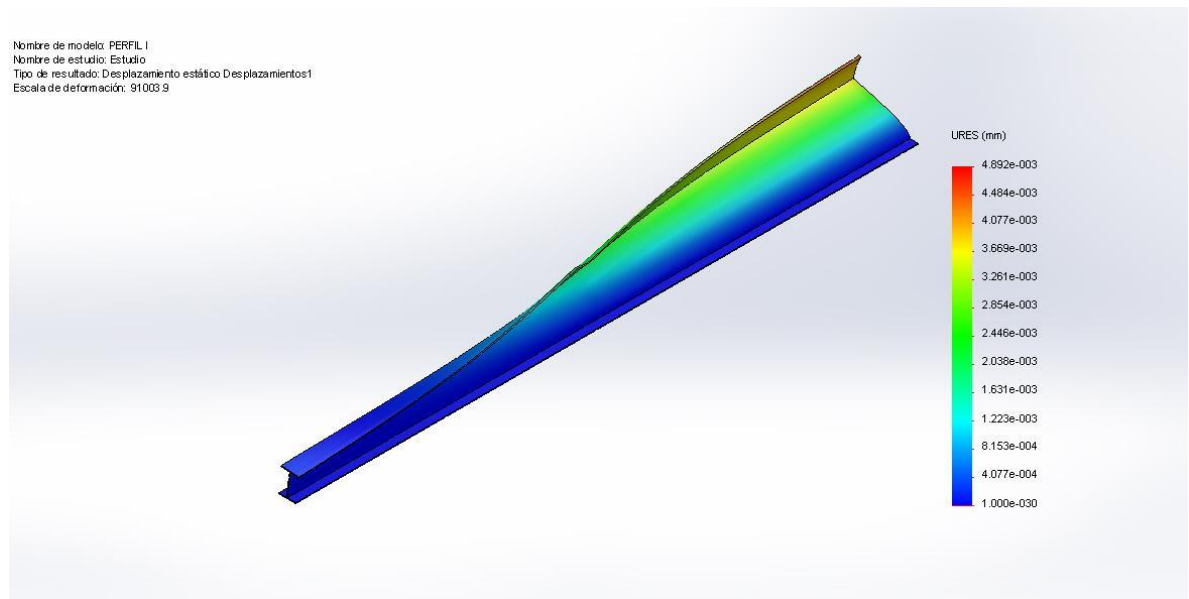
Después de haber realizado los cálculos necesarios para la estructura eligiendo el acero A-36 como material estructural para dicho diseño, se elige el perfil indicado teniendo en cuenta su resistencia y medidas siendo este el perfil en I W 150x14, posteriormente se realiza la validación del mismo por medio del software Inventor.

Figura 44. Perfil en I tensiones.



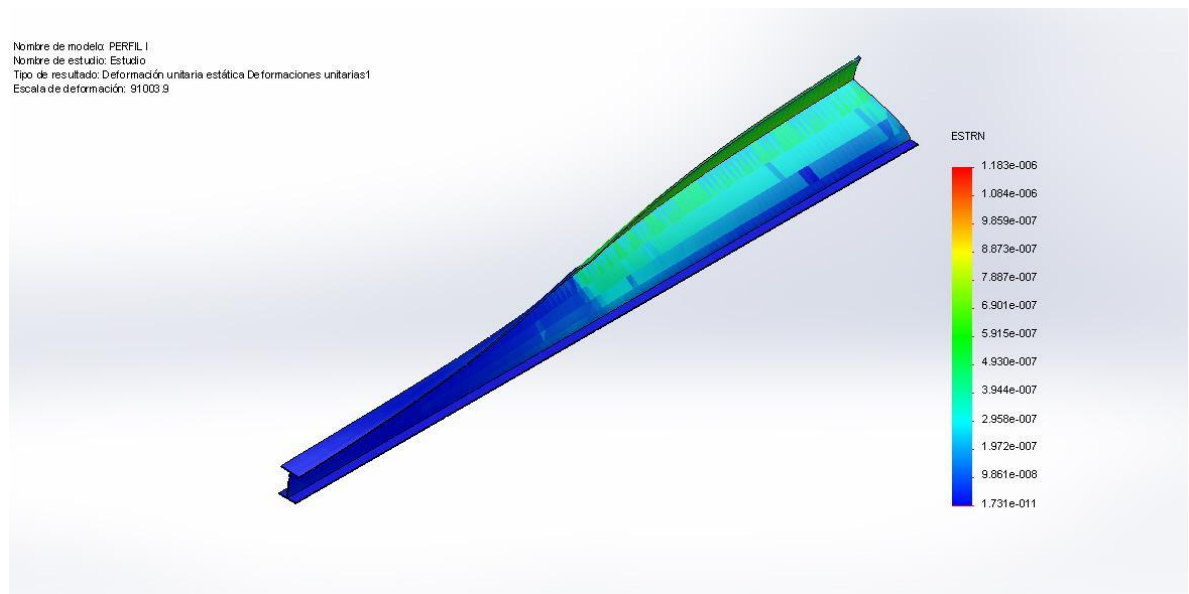
Fuente: Autores

Figura 45. Perfil en I desplazamientos.



Fuente: Autores.

Figura 46. Perfil en I deformaciones unitaria.



Fuente: Autores.

## **4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Se logra elaborar el diseño completo de los circuitos eléctricos y electrónicos para controlar los mecanismos propuestos por los autores para el correcto funcionamiento del proyecto.

El sistema de control y supervisión marchan de manera correcta y actúan según los parámetros establecidos inicialmente.

Se entrega una solución alterna a la problemática citada en el documento para la Universidad Piloto de Colombia, cumpliendo con las expectativas planeadas y requeridas por los usuarios en cuanto a diseño y mecanismo del estacionamiento.

A través de un ambiente virtual de simulación del estacionamiento se visualiza la implementación de todos los mecanismos y sistemas en conjunto, dando claridad a lo que se desea construir y la manera de desarrollo.

Para dicho proyecto se tienen algunas recomendaciones como lo son la elección del material, actuadores, motores ya que cada uno de ellos tiene que contar con las especificaciones necesarias como lo son carga, peso, dimensiones para que el desarrollo del proyecto tenga un resultado satisfactorio.

Por otro lado, se sugiere tener en cuenta al momento de la elaboración los parámetros establecidos para el correcto uso del ciclo parqueadero como lo son el adecuado uso del mismo, usar de manera correcta el sistema de rieles al ingreso y tener en cuenta el uso de la tarjeta.

## 5 BIBLIOGRAFÍA

- [1] ROBOTIC PARKING SYSTEM, INC, The biggest idea in automated parking, <[http://www.roboticparking.com/downloads/brochures/robotic\\_parking\\_brochure\\_spanish.pdf](http://www.roboticparking.com/downloads/brochures/robotic_parking_brochure_spanish.pdf)> [citado en 13 de abril de 2015]
- [2] SISTEMA DE BICICLETAS PÚBLICAS DEL VALLE DE ABURRÁ, Encicla, <<http://encicla.gov.co/noticias/encicla-sigue-creciendo/>> [citado en 13 de abril de 2015]
- [3] ROBOTIC PARKING SYSTEM, INC, The biggest idea in automated parking, <[http://www.roboticparking.com/downloads/brochures/robotic\\_parking\\_brochure\\_spanish.pdf](http://www.roboticparking.com/downloads/brochures/robotic_parking_brochure_spanish.pdf)> [citado en 13 de abril de 2015]
- [4] SISTEMA DE BICICLETAS PÚBLICAS DEL VALLE DE ABURRÁ, Encicla, <<http://encicla.gov.co/noticias/encicla-sigue-creciendo/>> [citado en 13 de abril de 2015]
- [5] PRIETO NURIA, Aparcamiento en torre Nash Motor Company, <<http://tectonicablog.com/?p=75432>> [citado en 13 de abril de 2015]
- [6] SOLUCIONES INTELIGENTES DE PARQUEO, EcoParking, <<http://ecoparking.co/experiencia.html>> [citado en 13 de abril de 2015]
- [7] Biceberg <<http://www.biceberg.es/index.htm>> [citado 13 de abril de 2015]
- [8] ANTI-SEISMIC UNDERGROUND BICYCLE PARK, EcoCycle, <[http://www.giken.com/en/developments/eco\\_cycle/](http://www.giken.com/en/developments/eco_cycle/)> [citado en 13 de abril de 2015]
- [9] ESTACIONAMIENTO AUTOMATIZADOS PARA BICICLETAS, Bici Lock, <<http://www.bicilock.cl/#!/idea/c1viv>> [citado en 13 de abril de 2015]
- [10] BICI HOME, La historia de la bicicleta, <<http://bicihome.com/la-historia-de-las-bicicleta/>> [citado 15 de abril de 2015]
- [11] PERDOMO CALVO JORGE ANDRÉS, Revista económica supuestos, El uso de la bicicleta, como alternativa de transporte, una decisión económicamente viable para mejorar la movilidad y el bienestar social de una ciudad, <<http://revistasupuestos.uniandes.edu.co/?p=3775>> [citado 14 abril de 2015]
- [12] INSTITUTE FOR TRANSPORTATION AND DEVELOPMENT POLICY, Estacionamiento para bicicletas: Guía de elección, servicio, integración y

reducción de emisión, <<http://www.itdp.org/wp-content/uploads/2014/07/Guia-cicloparqueaderos-nov2013.pdf>> [citado 16 de abril de 2015]

[13] UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, BOGOTÁ, COLOMBIA, La bicicleta como medio de transporte en la ciudad de Bogotá, <[http://dspace.uniandes.edu.co/xmlui/bitstream/handle/1992/849/Paper\\_Investig\\_Diego\\_Suero.pdf?sequence=3](http://dspace.uniandes.edu.co/xmlui/bitstream/handle/1992/849/Paper_Investig_Diego_Suero.pdf?sequence=3)> [citado 14 de abril de 2015]

[14] PORTAFOLIO.CO, Colombia, el segundo país de Suramérica con mayor inversión extranjera después de Brasil, se ha convertido en líder regional en la aplicación de procesos de automatización industrial, <<http://www.portafolio.co/negocios/procesos-automatizacion-industrial-colombia>> [citado 14 de abril de 2015]

[15] Automatización de procesos industriales: robótica y automática, Emilio García Moreno, Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, Servicio de Publicac., [1999] [citado 16 de abril de 2015]

[16] FACULTAT D'INFORMATICA DE BARCELONA, Realidad virtual, <<http://www.fib.upc.edu/retro-informatica/avui/realitatvirtual.html>> [citado en 17 de abril de 2015]

[17] WOOLGAR STEVE, Nuevas Tecnologías y Sociedad. ¿Sociedad virtual?: Tecnología, "cibérbole", realidad [citado en 17 de abril de 2015]

[18] FUNDACIÓN UNIVERSITARIA CEIPA, Administración de operaciones, <[http://aplicaciones.ceipa.edu.co/biblioteca/biblio\\_digital/virtualteca/cartillas/Cartilla\\_Administracion\\_de\\_operaciones.pdf](http://aplicaciones.ceipa.edu.co/biblioteca/biblio_digital/virtualteca/cartillas/Cartilla_Administracion_de_operaciones.pdf)> [citado 16 de abril de 2015]

[19] MÉNDEZ BALDOMERO, PLC “EL CEREBRO DE UNA MÁQUINA” [citado 20 de julio de 2015]

[20] AUTODESK MAYA, <<http://www.autodesk.es/products/maya/overview>> [citado 20 de mayo de 2015]

[21] RHINOCEROS, <<https://www.rhino3d.com/es/>> [citado 20 de mayo de 2015]

[22] ALCALDÍA DE BOGOTÁ, Decreto 0444 de 1984, Prestación del Servicio de Parqueaderos Públicos, <<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1868>> [citado 9 de agosto de 2015]

[23] ALCALDÍA DE BOGOTÁ, El diseño, construcción, ampliación, modificación y en general, cualquier intervención y/u ocupación de vías públicas, mobiliario urbano y demás espacios de uso público,  
<<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=16540>> [citado 9 de agosto de 2015]

[24] ALCALDÍA DE BOGOTÁ, Plan de Ordenamiento Territorial del Distrito,  
<<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=13935>> [citado 9 de agosto de 2015]

[25] PULIDO ANTONIO, Sistemas de poleas,  
<<https://aprendemostecnologia.org/2008/08/18/sistemas-de-poleas/>> [citado 15 de septiembre 2015]

[26] INGEMECÁNICA, Correas de transmisión, calculo y diseño,  
<<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn121.html>> [citado 15 de septiembre de 2015]

[27] Sistema de cadenas y piñones, <<http://es.slideshare.net/higuitaperea/sistema-de-cadenas-y-piones-engranajes>> [citado 15 de febrero de 2016]

[28] Engranajes,  
<[http://www.electronicaestudio.com/docs/1550\\_Tutorial\\_de\\_ENGRANES.pdf](http://www.electronicaestudio.com/docs/1550_Tutorial_de_ENGRANES.pdf)> [citado 15 de febrero de 2016]

[29] INTERMEC, Manual piñones y cadenas, transmisión de potencia, Sexta edición. [citado 15 de febrero de 2016]

[30] SUMITEC, Acero grado maquinaria, Acero 1045,  
<<http://www.sumiteccr.com/Aplicaciones/Articulos/pdfs/AISI%201045.pdf>> [citado 17 de febrero de 2016]

[31] HIEBBELER, Mecánica de materiales, octava edición, capítulo 5, Torsión,  
<<http://es.slideshare.net/rabitengel/hibbeler-mecnica-de-materiales-8a-edicin>> [citado 26 de febrero de 2016]

[32] Cálculo de la banda transportadora, siegling transilon,  
[http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-06-21\\_09-06-57105684.pdf](http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-06-21_09-06-57105684.pdf), [citado 15 de abril de 2016]

[33] BUDYNAS RICHARD, NISBETT KEITH, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, octava edición, parte 3, diseño de elementos mecánicos. [citado 15 de abril de 2016]

[34] FESTO, Cilindros compactos ADVU/AEVU [citado 26 de febrero de 2016de 2015]

[35] Acero ASTM A36, <<https://es.scribd.com/doc/89693272/Acero-ASTM-A36>> [citado 10 de Octubre de 2015]

[36] HIEBBELER, Mecánica de materiales, octava edición, capítulo 11, Diseño de vigas y ejes, <<http://es.slideshare.net/rabitenget/hibbeler-mecnica-de-materiales-8a-edicin>> [citado 26 de febrero de 2016]

[37] ACESCO, Manual de perfiles [citado 28 de febrero de 2016]

[38] Controlador Lógico Programable, <<http://automatica.mex.tl/imagesnew/5/0/1/4/2/Presentaci%C3%B3n%20P.L.C..pdf>> [citado 16 de abril de 2015]

[39] SIEMENS, SIMATIC Controller, SIMATIC S7-200, Tecnología de control máximo nivel [citado 7 de diciembre de 2015]

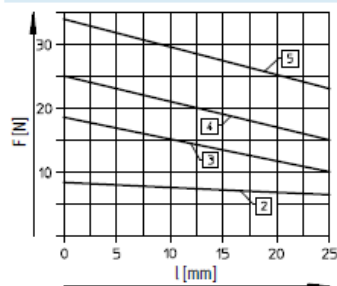
[40] FESTO, Modular electrical terminal CPX [citado 7 de diciembre de 2015]

[41] MENESES LUIS CARLOS, Simulación de Sistemas Electroneumáticos Controlados por PLC Usando Fluidsim 4.2 Y Codesys V2.3 [citado 3 de noviembre de 2015]

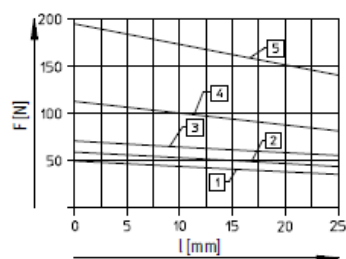
## ANEXOS

### ANEXO A. Peso Actuador AEVULQ/AEVULQZ

Fuerza de recuperación F del muelle en función de la carrera l



- 2 AEVULQ/AEVULQZ-16
- 3 AEVULQ/AEVULQZ-20
- 4 AEVULQ/AEVULQZ-25
- 5 AEVULQ/AEVULQZ-32



- 1 AEVULQ/AEVULQZ-40
- 2 AEVULQ/AEVULQZ-50
- 3 AEVULQ/AEVULQZ-63
- 4 AEVULQ/AEVULQZ-80
- 5 AEVULQ/AEVULQZ-100

Pesos [g]									
Diámetro del émbolo	16	20	25	32	40	50	63	80	100
Peso con carrera de 0 mm	89	149	180	300	433	560	1 059	1 772	2 797
Peso adicional por 10 mm de carrera	15	23	28	40	59	72	107	168	177
Masa móvil con carrera de 0 mm	12	20	26	49	63	112	134	307	614
Masa adicional por 10 mm de carrera	4	6	6	9	9	16	16	25	38



## ANEXO B. Motores Eléctricos Siemens

ESPECIFICACIONES NOMINALES PARA MOTORES TRIFÁSICOS ESTÁNDAR 1LA7 Y 1LA5 60Hz															
Tipo	Frame IEC	Potencia	Factor de Servicio	Corriente Nominal (A)	Eficiencia $\eta$	Factor de Potencia	Velocidad Nominal	Torque Nominal	Torque de Arranque	Corriente de Arranque	Peso Neto IMB3	Rodamientos			
		HP	Kw	440V	220V	(%)	Cos $\phi$	(rpm)	[Nm]	(Ta/Tn)	(Ia/In)	[kg]	AS/BS		
MOTORES DE 2 POLOS, 3600 RPM															
1LA7 070-2YA60	71	0.8	0.6	1.15	2.4	1.2	77.4	0.79	3430	1.56	2.7	6	6.0	6202 2Z C3 / 6202 2Z C3	
1LA7 073-2YA60	71	1	0.7	1.15	3.5	1.75	62.8	0.89	3320	2.15	2.5	4.7	6.0	6202 2Z C3 / 6202 2Z C3	
1LA7 080-2YA60	80	2	1.1	1.15	5.3	2.65	69.2	0.80	3370	3.17	1.8	3.7	8.4	6004 2Z C3 / 6004 2Z C3	
1LA7 083-2YA60	80	2	1.5	1.15	6.2	3.1	73.4	0.86	3410	4.18	3.3	6.3	10	6004 2Z C3 / 6004 2Z C3	
1LA7 090-2YB60	90 L	2.4	1.8	1.15	3.5	7	81.0	0.82	3460	4.9	2.4	5.5	11.7	6205 2Z C3 / 6004 2Z C3	
1LA7 093-2YB60	90 L	3	2.2	1.1	4.5	9	82.3	0.79	3450	6.2	2.7	5.7	14.6	6205 2Z C3 / 6004 2Z C3	
1LA7 097-2YB60	90 L	4	3.0	1.15	5.5	11	84.5	0.84	3460	8.2	2.4	5.9	16.4	6205 2Z C3 / 6004 2Z C3	
1LA7 113-2YB60	112 M	5	3.7	1.15	7	14	85.2	0.82	3508	10.2	2.7	7.8	26.6	6206 2Z C3 / 6205 2Z C3	
1LA7 113-2YC60	112 M	6	4.5	1.25	8.5	17	84.6	0.81	3492	12.3	2.6	7.5	26.6	6206 2Z C3 / 6205 2Z C3	
1LA7 115-2YB60	112 M	7.5	5.6	1.15	9.5	19	86.0	0.89	3480	15.3	2.0	5.8	30	6206 2Z C3 / 6205 2Z C3	
1LA7 132-2YB70	132 S/M	10	7.5	1.15	13.3	26.6	88.1	0.83	3525	20.5	2.7	6.8	52.8	6208 2Z C3 / 6208 2Z C3	
1LA7 132-2YC70	132 S/M	12	9.0	1.05	15.2	30.4	87.5	0.88	3500	24.6	2.7	6.8	53.3	6208 2Z C3 / 6208 2Z C3	
1LA7 133-2YB70	132 S/M	15	11.2	1.15	19	38	88.1	0.87	3515	30.5	2.0	6.5	56.5	6208 2Z C3 / 6208 2Z C3	
1LA7 165-2YB70	160 M/L	20	14.9	1.15	26	52	88.5	0.85	3530	42.0	2.0	4.8	83.5	6209 2Z C3 / 6209 2Z C3	
1LA7 165-2YC70	160 M/L	25	18.7	1.15	31.8	63.6	89.5	0.86	3510	50.8	2.1	5	84.5	6209 2Z C3 / 6209 2Z C3	
1LA7 167-2YB70	160 M/L	30	22.4	1.15	38.6	77.2	89.6	0.84	3530	61.0	2.1	4.6	95.2	6209 2Z C3 / 6209 2Z C3	
1LA5 183-2YB80	180 M	35	26.1	1.15	43.5	87	91.9	0.85	3545	70.5	2.1	6.6	135	6210 2Z C3 / 6210 2Z C3	
1LA5 184-2YB80	180 M	40	29.8	1.05	52	104	91.5	0.82	3550	80.5	2.3	6.4	135	6210 2Z C3 / 6210 2Z C3	
1LA5 206-2YB80	200 L	50	37.3	1.15	67	134	92.5	0.78	3554	101.0	2.4	6.6	189	6212 2Z C3 / 6212 2Z C3	
1LA5 207-2YB80	200 L	60	44.8	1.15	76.6	153.2	92.4	0.82	3564	120.0	2.4	6.6	207	6212 2Z C3 / 6212 2Z C3	
1LA5 223-2YB80	225 S/M	75	56.0	1.15	91.5	183	93.1	0.86	3550	151.0	1.9	6.8	229	6213 2Z C3 / 6212 2Z C3	
MOTORES DE 4 POLOS, 1800 RPM															
1LA7 070-4YC60	71	0.4	0.3	1.05	1.6	0.8	63.3	0.77	1640	1.7	1.8	2.8	4.7	6202 2Z C3 / 6202 2Z C3	
1LA7 070-4YA60	71	0.5	0.4	1.15	1.9	0.95	63.6	0.81	1590	2.24	1.3	2.7	4.7	6202 2Z C3 / 6202 2Z C3	
1LA7 071-4YA60	71	0.6	0.4	1.15	2.2	1.1	70.2	0.76	1680	2.54	1.8	3.4	6.0	6202 2Z C3 / 6202 2Z C3	
1LA7 073-4YA60	71	0.8	0.6	1.15	2.9	1.45	64.0	0.79	1650	3.24	1.9	3.7	6.0	6202 2Z C3 / 6202 2Z C3	
1LA7 080-4YA60	80	1.0	0.7	1.15	3.5	1.75	64.2	0.87	1660	4.3	1.9	3.7	8.1	6004 2Z C3 / 6004 2Z C3	
1LA7 081-4YA60	80	1.2	0.9	1.05	4.0	2.0	69.0	0.85	1675	5.1	2.2	3.7	9.3	6004 2Z C3 / 6004 2Z C3	
1LA7 083-4YA60	80	1.5	1.1	1.15	5.0	2.5	65.9	0.89	1650	6.4	1.8	3.0	9.3	6004 2Z C3 / 6004 2Z C3	
1LA7 096-4YB60	90 L	2	1.5	1.15	3.3	6.6	82.3	0.8	1720	8.4	2.2	4.4	15.2	6205 2Z C3 / 6004 2Z C3	
1LA7 096-4YC60	90 L	2.4	1.8	1.15	3.7	7.4	81.5	0.78	1703	10.2	2.7	5.2	15.3	6205 2Z C3 / 6004 2Z C3	
1LA7 097-4YB60	90 L	3.0	2.2	1.15	4.3	8.6	83.0	0.82	1730	12.3	1.8	3.6	16.4	6205 2Z C3 / 6004 2Z C3	
1LA7 112-4YB60	112 M	4	3.0	1.15	6.1	12.2	85.5	0.74	1745	16.4	2.8	7.6	25.4	6206 2Z C3 / 6205 2Z C3	
1LA7 112-4YC60	112 M	5	3.7	1.15	7.9	15.8	85.3	0.73	1740	20.5	2.3	6.5	25.4	6206 2Z C3 / 6205 2Z C3	
1LA7 114-4YB60	112 M	6	4.5	1.05	9	18	85.7	0.76	1740	24.6	2.8	8.7	28.3	6206 2Z C3 / 6205 2Z C3	
1LA7 115-4YB60	112 M	7.5	5.6	1.15	10	20	87.5	0.83	1740	30.7	2.2	5.6	30	6206 2Z C3 / 6205 2Z C3	
1LA7 132-4YB70	132 S/M	10	7.5	1.15	12.2	24.4	88.3	0.83	1755	40.5	2.3	6	51.8	6208 2Z C3 / 6208 2Z C3	
1LA7 132-4YC70	132 S/M	12	9.0	1.15	17	34	88.1	0.78	1745	49.5	2.5	6.6	51.8	6208 2Z C3 / 6208 2Z C3	
1LA7 135-4YB70	132 S/M	15	11.2	1.15	21.5	43	89.8	0.76	1755	61.5	1.8	5	61.5	6208 2Z C3 / 6208 2Z C3	
1LA7 164-4YB70	160 M/L	20	14.9	1.15	27.8	55.6	90.9	0.77	1758	81.2	1.8	6.3	79	6209 2Z C3 / 6209 2Z C3	
1LA7 167-4YB70	160 M/L	25	18.7	1.15	33	66	91.8	0.81	1755	102.0	1.8	5.4	89	6209 2Z C3 / 6209 2Z C3	
1LA5 183-4YB80	180 M	30	22.4	1.05	39	78	91.80	0.82	1767	121.0	2.0	4.9	130	6210 2Z C3 / 6210 2Z C3	
1LA5 186-4YB80	180 M	36	26.9	1.05	46.5	93	92.1	0.82	1758	147.0	2.0	6.8	140	6210 2Z C3 / 6210 2Z C3	
1LA5 187-4YB80	180 M	40	29.8	1.05	52	104	92.5	0.80	1762	162.0	2.0	5.6	140	6210 2Z C3 / 6210 2Z C3	
1LA5 207-4YB80	200 L	50	37.3	1.15	63	126	92.5	0.84	1770	182.0	3.0	6.6	191	6212 2Z C3 / 6212 2Z C3	
1LA5 220-4YB80	225 S/M	60	44.8	1.15	72	144	93.0	0.87	1768	242.0	2.3	6.6	226	6213 2Z C3 / 6212 2Z C3	
1LA5 223-4YB80	225 S/M	75	56.0	1.15	100	200	94.1	0.78	1770	302.0	2.1	5.1	242	6213 2Z C3 / 6212 2Z C3	
MOTORES DE 6 POLOS, 1200 RPM															
1LA7 070-6YA60	71	0.33	0.2	1.15	1.5	0.75	68.0	0.63	1075	2.7	2.3	4.9	5.7	6202 2Z C3 / 6202 2Z C3	
1LA7 072-6YA60	71	0.40	0.3	1.15	1.6	0.8	64.3	0.76	1055	2.7	2.3	4.9	5.7	6202 2Z C3 / 6202 2Z C3	
1LA7 073-6YA60	71	0.50	0.4	1.15	2.2	1.1	56.3	0.79	1020	3.5	2.3	4.9	5.7	6202 2Z C3 / 6202 2Z C3	
1LA7 080-6YC60	80	0.60	0.4	1.05	2.4	1.2	60.0	0.82	1080	3.1	2.3	2.7	8.5	6004 2Z C3 / 6004 2Z C3	
1LA7 080-6YA60	80	0.75	0.6	1.15	3.3	1.65	64.4	0.69	1075	5.0	1.8	3.0	8.5	6004 2Z C3 / 6004 2Z C3	
1LA7 082-6YA60	80	0.90	0.7	1.05	3.6	1.8	55.6	0.88	1080	5.93	1.9	3.1	10.5	6004 2Z C3 / 6004 2Z C3	
1LA7 083-6YA60	80	1.0	0.7	1.15	4.2	2.1	67.5	0.69	1090	6.5	2.6	4.0	10.1	6005 2Z C3 / 6004 2Z C3	
1LA7 096-6YB60	90 L	1.5	1.1	1.15	3.2	6.4	75.7	0.6	1118	9.6	2.4	3.5	14.4	6205 2Z C3 / 6004 2Z C3	
1LA7 097-6YB60	90 L	2.0	1.5	1.15	3.6	7.2	78.5	0.69	1150	12.4	2.8	6	16.4	6205 2Z C3 / 6004 2Z C3	
1LA7 112-6YB60	112 M	3.0	2.2	1.15	5.6	11.2	79.1	0.66	1150	18.8	1.9	4	23.5	6206 2Z C3 / 6205 2Z C3	
1LA7 115-6YB60	112 M	4.0	3.0	1.15	6.4	12.8	83.5	0.73	1150	24.8	1.9	4.5	30	6206 2Z C3 / 6205 2Z C3	
Siemens S.A. - Hecho en Colombia															

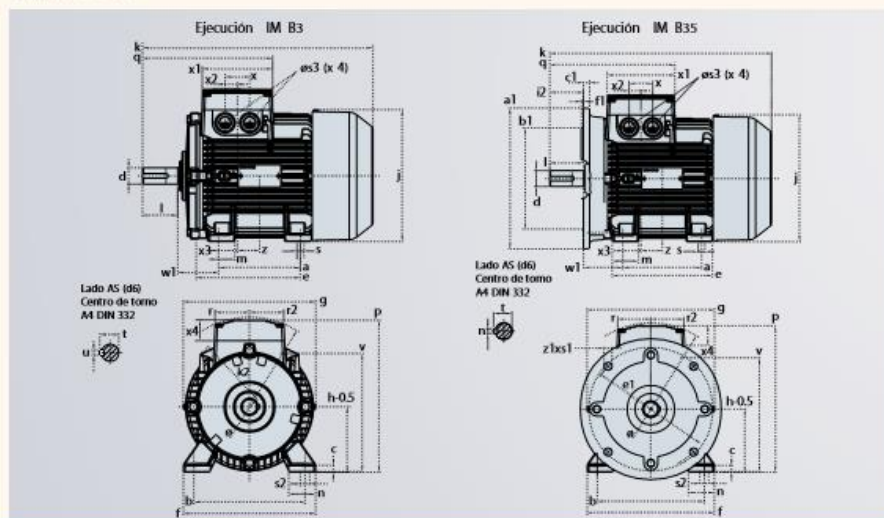
Siemens S.A. - Hecho en Colombia

**DIMENSIONES GENERALES DE MONTAJE MOTORES DE PROPÓSITO GENERAL 1LA7 Y 1LA5 (EN MM)**

[www.motores.siemens.com](http://www.motores.siemens.com)

1) Motores de dos polos  
2) Motores de 4 a 8 polos  
\* Para motores de dos polos cambian las siguientes medidas:  
-Tamaño constructivo 225M: l-110: d-55: t-59: u-16 mm.: k-800.....

Tamaños 71 a 180



Siemens S.A. - Hecho en Colombia

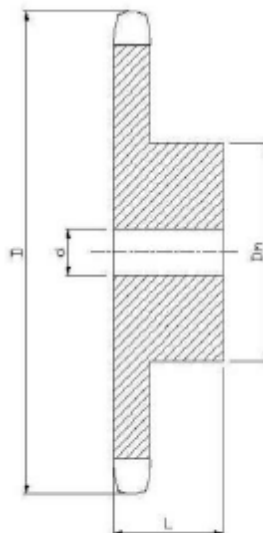
## ANEXO D. Dimensiones de los Piñones INTERMEC paso 1/4"

**TABLA DE DIMENSIONES**  
**DE LOS PIÑONES INTERMEC PASO 1/4" (6.35)**  
**para Cadena ANSI No. 25 Tipo B Sencillos**

**PIÑONES**  
**1/4 (25)**  
**Sencillos**

Dimensiones en milímetros

Ref.	D	Dm	L	d
25B9R	21,2	11	15	6,35
25B10	23,4	13	13	6,35
25B11	25,5	14	13	6,35
25B12	27,5	16	13	6,35
25B13	29,6	18	13	6,35
25B14	31,6	21	13	6,35
25B15	33,7	23	13	6,35
25B16	35,7	25	13	6,35
25B17	37,8	26	13	6,35
25B18	39,8	28	13	6,35
25B19	41,9	28	15	6,35
25B20	43,9	33	16	6,35
25B21	45,9	35	16	6,35
25B22	48,0	37	16	6,35
25B23	50,0	38	16	6,35
25B24	52,1	38	16	9,53
25B25	54,1	38	16	9,53
25B26	56,1	35	16	9,53
25B27	58,2	38	16	9,53
25B28	60,1	38	16	9,53
25B29	62,2	35	16	9,53
25B30	64,2	38	16	9,53
25B31	66,2	38	16	9,53
25B32	68,3	38	16	9,53
25B33	70,3	38	16	9,53
25B34	72,3	38	16	9,53
25B35	74,4	38	16	9,53
25B36	76,4	38	19	9,53
25B37	78,4	38	19	9,53
25B38	80,4	38	19	9,53
25B39	82,5	38	19	9,53
25B40	84,5	51	19	12,70
25B41	86,5	51	19	12,70
25B42	88,6	51	19	12,70
25B43	90,6	51	19	12,70
25B44	92,6	51	19	12,70
25B45	94,6	51	19	12,70
25B46	96,6	51	19	12,70
25B47	98,7	51	19	12,70
25B48	100,7	51	19	12,70
25B49	102,7	51	19	12,70
25B50	104,7	51	19	12,70
25B51	106,7	51	19	12,70
25B52	108,8	51	19	12,70
25B53	110,8	51	19	12,70
25B54	112,8	51	19	12,70
25B55	114,9	51	19	12,70
25B56	116,9	51	19	12,70
25B57	118,9	51	19	12,70
25B58	120,9	51	19	12,70
25B59	123,0	51	19	12,70
25B60	125,0	51	19	12,70



**NOTA:** La letra R al lado del diámetro de la manzana especificado en la tabla, quiere decir que va ranurada. "El grueso total del piñón" se mide a lo largo de todo el hueco.

## ANEXO E. Propiedades Acero 1045

### ACERO AISI-SAE 1045 (UNS G10450)

1. *Descripción:* es un acero utilizado cuando la resistencia y dureza son necesarios en condición de suministro. Este acero medio carbono puede ser forjado con martillo. Responde al tratamiento térmico y al endurecimiento por llama o inducción, pero no es recomendado para cementación o cianurado. Cuando se hacen prácticas de soldadura adecuadas, presenta soldabilidad adecuada. Por su dureza y tenacidad es adecuado para la fabricación de componentes de maquinaria.

2. *Normas involucradas:* ASTM A108

3. *Propiedades mecánicas:* Dureza 163 HB (84 HRb)  
Esfuerzo de fluencia 310 MPa (45000 PSI)  
Esfuerzo máximo 565 MPa (81900 PSI)  
Elongación 16% (en 50 mm)  
Reducción de área (40%)  
Módulo de elasticidad 200 GPa (29000 KSI)  
Maquinabilidad 57% (AISI 1212 = 100%)

4. *Propiedades físicas:* Densidad 7.87 g/cm<sup>3</sup> (0.284 lb/in<sup>3</sup>)

5. *Propiedades químicas:* 0.43 – 0.50 % C  
0.60 – 0.90 % Mn  
0.04 % P máx  
0.05 % S máx

6. *Usos:* los usos principales para este acero es piñones, cuñas, ejes, tornillos, partes de maquinaria, herramientas agrícolas y remaches.

7. *Tratamientos térmicos:* se da normalizado a 900°C y recocido a 790°C

**NOTA:**

Los valores expresados en las propiedades mecánicas y físicas corresponden a los valores promedio que se espera cumple el material. Tales valores son para orientar a aquella persona que debe diseñar o construir algún componente o estructura pero en ningún momento se deben considerar como valores estrictamente exactos para su uso en el diseño.

## ANEXO F. Propiedades actuador AEVULQ/AEVULQZ

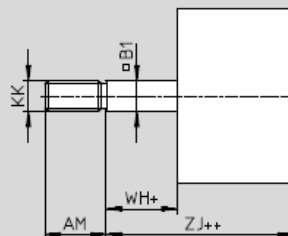
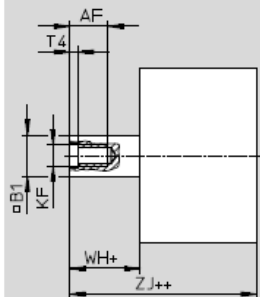
### Cilindros compactos AEVULQ/AEVULQZ

Hoja de datos del cilindro de simple efecto con vástago cuadrado antigiro

**FESTO**

Dimensiones: variantes AEVULQZ, ejecución a tracción

Datos CAD disponibles en → [www.festo.com](http://www.festo.com)



+ = añadir carrera

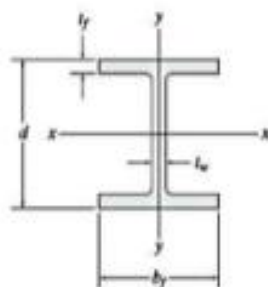
++ = añadir 2 veces la carrera

Diámetro [mm]	AF	AM	B1 □	KF	KK	T4	WH	ZJ
16	10	20	7	M4	M8	1,5	4,5	42,5
20 <sup>1)</sup>	12	22	9	M5	M10x1,25	2	4,5	42,5
25 <sup>1)</sup>	12	22	9	M5	M10x1,25	2	5,5	45
32 <sup>1)</sup>	14	22	10	M6	M10x1,25	2,6	6	50,5
40 <sup>1)</sup>	14	22	10	M6	M10x1,25	2,6	6,5	52
50 <sup>1)</sup>	16	24	12	M8	M12x1,25	3,3	7,5	53
63 <sup>1)</sup>	16	24	12	M8	M12x1,25	3,3	7,5	57,5
80 <sup>1)</sup>	20	32	16	M10	M16x1,5	4,7	8	64
100 <sup>1)</sup>	24	40	20	M12	M20x1,5	6,1	10	76,5

1) La tuerca para el vástago está incluida en el suministro

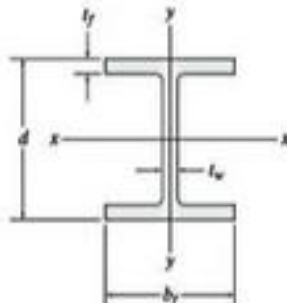


## ANEXO G. Propiedades perfil tipo I








Designación	Eje x-x			Eje y-y		
	<i>I</i>	<i>S</i>	<i>r</i>	<i>I</i>	<i>S</i>	<i>r</i>
mm × kg/m	10 <sup>6</sup> mm <sup>4</sup>	10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	mm	10 <sup>6</sup> mm <sup>4</sup>	10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	mm
W310 × 129	308	1940	137	100	649	77.8
W310 × 74	165	1060	132	23.4	228	49.7
W310 × 67	145	948	130	20.7	203	49.3
W310 × 39	84.8	547	131	7.23	87.6	38.3
W310 × 33	65.0	415	125	1.92	37.6	21.4
W310 × 24	42.8	281	119	1.16	23.0	19.5
W310 × 21	37.0	244	117	0.986	19.5	19.2
W250 × 149	259	1840	117	86.2	656	67.4
W250 × 80	126	984	111	43.1	338	65.0
W250 × 67	104	809	110	22.2	218	50.9
W250 × 58	87.3	693	109	18.8	185	50.4
W250 × 45	71.1	535	112	7.03	95	35.1
W250 × 28	39.9	307	105	1.78	34.9	22.2
W250 × 22	28.8	227	101	1.22	23.9	20.7
W250 × 18	22.5	179	99.3	0.919	18.2	20.1
W200 × 100	113	987	94.3	36.6	349	53.7
W200 × 86	94.7	853	92.8	31.4	300	53.4
W200 × 71	76.6	709	91.7	25.4	247	52.8
W200 × 59	61.2	583	89.9	20.4	199	51.9
W200 × 46	45.5	448	87.9	15.3	151	51.0
W200 × 36	34.4	342	86.8	7.64	92.6	40.9
W200 × 22	20.0	194	83.6	1.42	27.8	22.3
W150 × 37	22.2	274	68.5	7.07	91.8	38.7
W150 × 30	17.1	218	67.2	5.54	72.4	38.2
W150 × 22	12.1	159	65.0	3.87	50.9	36.8
W150 × 14	13.4	168	66.2	1.83	35.9	24.5
W150 × 18	9.19	120	63.3	1.26	24.7	23.5
W150 × 14	6.84	91.2	62.9	0.912	18.2	23.0

# ANEXO H. Especificaciones perfil W150x14



Designación	Área $A$	Peralte $d$	Grosor del alma $t_w$	Ala	
				anchura $b_f$	grosor $t_f$
mm X kg/m	mm <sup>2</sup>	mm	mm	mm	mm
W310 X 129	16 500	318	13.10	308.0	20.6
W310 X 74	9 480	310	9.40	205.0	16.3
W310 X 67	8 530	306	8.51	204.0	14.6
W310 X 39	4 930	310	5.84	165.0	9.7
W310 X 33	4 180	313	6.60	102.0	10.8
W310 X 24	3 040	305	5.59	101.0	6.7
W310 X 21	2 680	303	5.08	101.0	5.7
W250 X 149	19 000	282	17.30	263.0	28.4
W250 X 80	10 200	256	9.40	255.0	15.6
W250 X 67	8 560	257	8.89	204.0	15.7
W250 X 58	7 400	252	8.00	203.0	13.5
W250 X 45	5 700	266	7.62	148.0	13.0
W250 X 28	3 620	260	6.35	102.0	10.0
W250 X 22	2 850	254	5.84	102.0	6.9
W250 X 18	2 280	251	4.83	101.0	5.3
W200 X 100	12 700	229	14.50	210.0	23.7
W200 X 86	11 000	222	13.00	209.0	20.6
W200 X 71	9 100	216	10.20	206.0	17.4
W200 X 59	7 580	210	9.14	205.0	14.2
W200 X 46	5 890	203	7.24	203.0	11.0
W200 X 36	4 570	201	6.22	165.0	10.2
W200 X 22	2 860	206	6.22	102.0	8.0
W150 X 37	4 730	162	8.13	154.0	11.6
W150 X 30	3 790	157	6.60	153.0	9.3
W150 X 22	2 860	152	5.84	152.0	6.6
W150 X 24	3 060	160	6.60	102.0	10.3
W150 X 18	2 290	153	5.84	102.0	7.1
W150 X 14	1 730	150	4.32	100.0	5.5

## ANEXO I. PLC Siemens S7-200

Datos específicos de cada CPU					
Característica	CPU 221 <sup>1</sup>	CPU 222 <sup>1</sup>	CPU 224 <sup>1</sup>	CPU 224XP <sup>1</sup> CPU 224XPsl <sup>2</sup>	CPU 226 <sup>1</sup>
					
Entradas/salidas digitales integradas	6 ED/4 SD	8 ED/6 SD	14 DE/10 DA	14 DE/10 DA	24 DE/16 DA
Entradas/salidas digitales Nº de canales vía módulos de ampliación	–	48/46/94	114/110/224	114/110/224	128/128/256
Entradas/salidas analógicas Nº de canales vía módulos de ampliación	–	16/8/16	32/28/44	2 EA/1 SA integradas 32/28/44	32/28/44
Memoria de programas	4 kbytes	4 kbytes	8/12 kbytes	12/16 kbytes	16/24 kbytes
Memoria de datos	2 kbytes	2 kbytes	8 kbytes	10 kbytes	10 kbytes
Memorización de datos dinámicos vía condensador de alto rendimiento	típ. 50 h	típ. 50 h	típ. 100 h	típ. 100 h	típ. 100 h
Contadores rápidos	4x30 kHz, de ellos, 2x20 kHz usables como contadores A/B	4x30 kHz, de ellos, 2x20 kHz usables como contadores A/B	6x30 kHz, de ellos, 4x20 kHz usables como contadores A/Br	4 x 30 kHz, 2 x 200 kHz, de ellos, 3 x 20 kHz y 1 x 100 kHz usables como contadores A/B	6x30 kHz, de ellos, 4x20 kHz usables como contadores A/Br
Puertos de comunicación RS 485	1	1	1	2	2
Protocolos soportados:				sí, en los dos puertos	sí, en los dos puertos
– PPI maestro / esclavo	sí	sí	sí	sí	sí
– MPI esclavo	sí	sí	sí	sí	sí
– Freepoint (protocolo ASCII programable)	sí	sí	sí	sí	sí
Posibilidades de comunicación opcionales	no ampliable	sí, esclavo PROFIBUS DP y/o maestro AS-Interface/Ethernet/ Internet/módem	sí, esclavo PROFIBUS DP y/o maestro AS-Interface/Ethernet/ Internet/módem	sí, esclavo PROFIBUS DP y/o maestro AS-Interface/Ethernet/ Internet/módem	sí, esclavo PROFIBUS DP y/o maestro AS-Interface/Ethernet/ Internet/módem
Potenciómetro analóg. de 8 bits integrado (para p. en marcha, cambio de valores)	1	1	2	2	2
Reloj de tiempo real	opcional	opcional	sí	sí	sí
Alimentación p. sensores 24 V DC integrada	máx. 180 mA	máx. 180 mA	máx. 280 mA	máx. 280 mA	máx. 400 mA
Regleta de conexión desenchufable	–	–	sí	sí	sí
Dimensiones (A x A x P en mm)	90 x 80 x 62	90 x 80 x 62	120,5 x 80 x 62	140 x 80 x 62	196 x 80 x 62



## ANEXO J. PLC Festo CPX 197330

### Terminal CPX

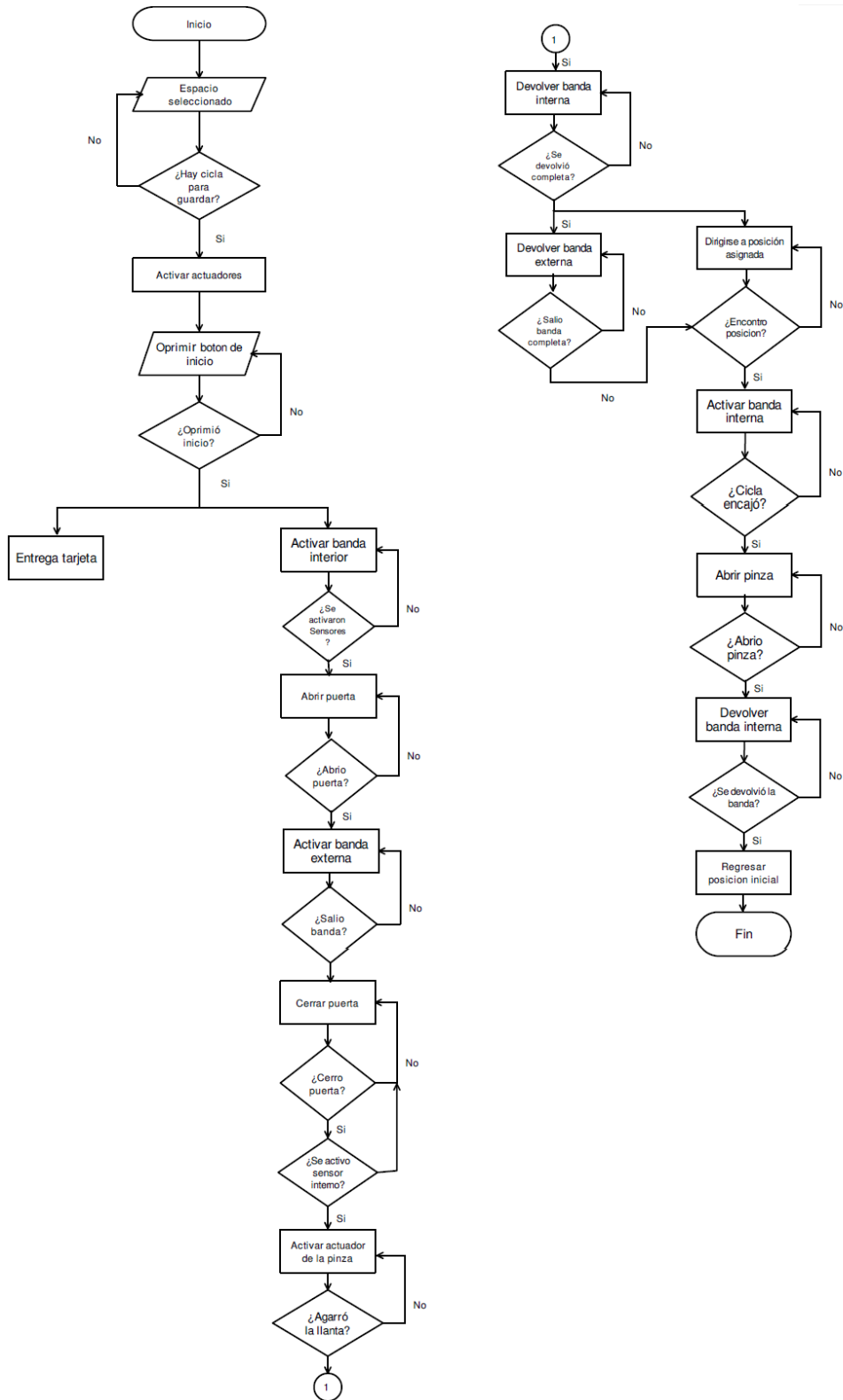
Technical data

**FESTO**

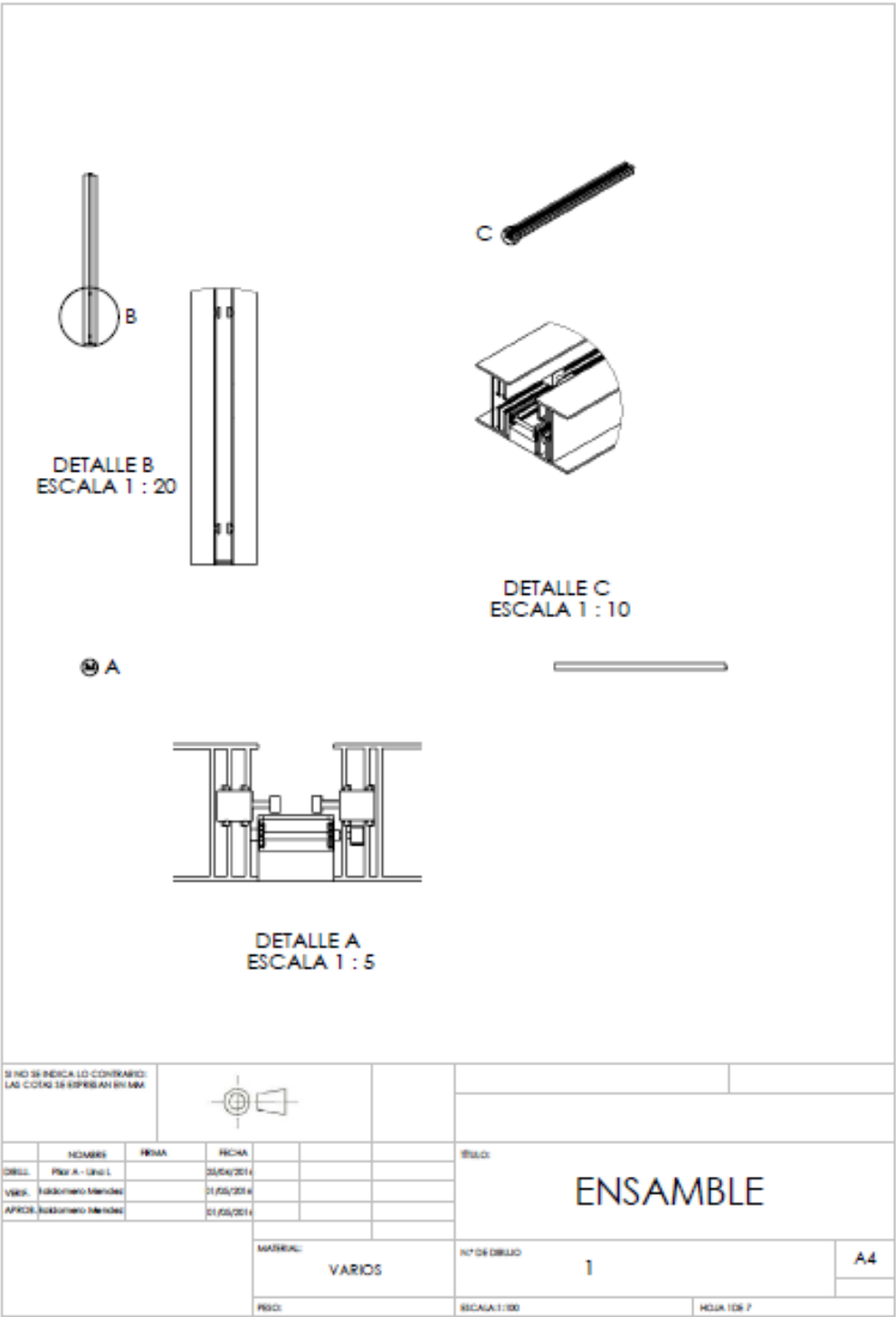
General technical data		
Module No.		197330
Parameterisation		Module-specific and entire system, for example: <ul style="list-style-type: none"> <li>Diagnostic behaviour</li> <li>Condition monitoring</li> <li>Profile of inputs</li> <li>Fail-safe response of outputs and valves</li> </ul>
Commissioning support		Forcing of inputs and outputs
Protection class to EN 60529		IP65, IP67
Nominal operating voltage	[V DC]	24
Operating voltage range	[V DC]	18 ... 30
Current supply	Interlinking block with system supply for electronics plus sensors [A]	16 (8/10 with 7/8" supply, 5-pin/4-pin)
	actuators plus valves [A]	16 (8/10 with 7/8" supply, 5-pin/4-pin)
	Additional power supply for actuators [A]	16 (8/10 with 7/8" supply, 5-pin/4-pin)
	Additional power supply for valves [A]	16 (10 with 7/8" supply, 4-pin)
Current consumption		Depending on system configuration
Power failure bridging (bus electronics only)	[ms]	10
Power supply connection		M18, 4-pin 7/8", 5-pin 7/8", 4-pin AIDA push-pull, 5-pin
Fuse concept		Per module with electronic fuses
Tests	Vibration test to DIN IEC 68	<ul style="list-style-type: none"> <li>With wall mounting: Severity level 2</li> <li>With H-rail mounting: Severity level 1</li> </ul>
	Shock test to DIN IEC 68	<ul style="list-style-type: none"> <li>With wall mounting: Severity level 2</li> <li>With H-rail mounting: Severity level 1</li> </ul>
PWIS classification		PWIS-free (free of paint-wetting/impairment substances)
Interference immunity		EN 61000-6-2 (Industry)
Interference emission		EN 61000-6-4 (Industry)
Isolation test for galvanically isolated circuits to IEC 1131 Part 2	[V DC]	500
Galvanic isolation of electrical voltages	[V DC]	80
Protection against direct and indirect contact		PELV (Protective Extra-Low Voltage)
Materials		End plates: Die-cast aluminium
Grid dimension	[mm]	50

Operating and environmental conditions		
Module No.		197330
Ambient temperature	[°C]	-5 ... +50
Storage temperature	[°C]	-20 ... +70

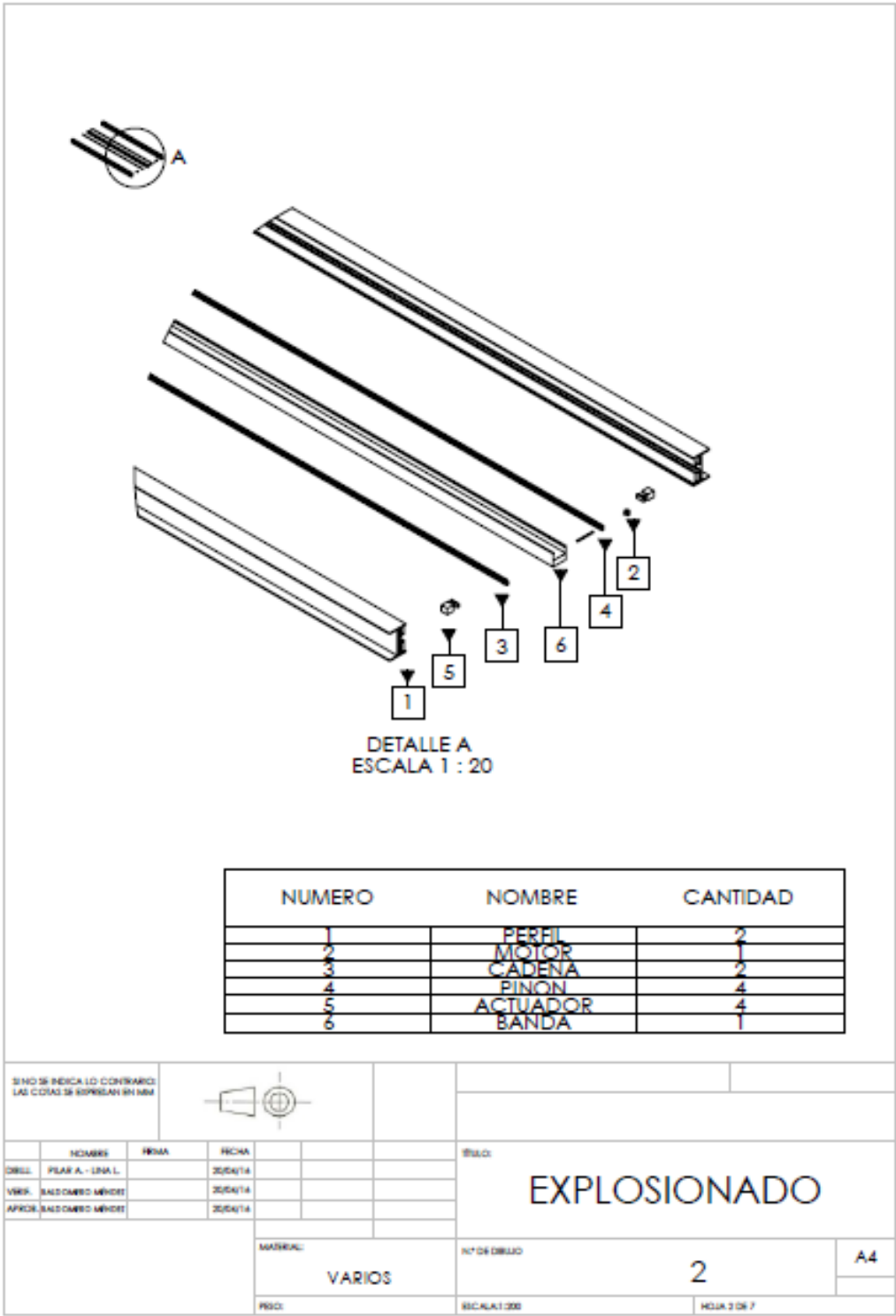
## ANEXO K. Diagrama de flujo rutina del sistema



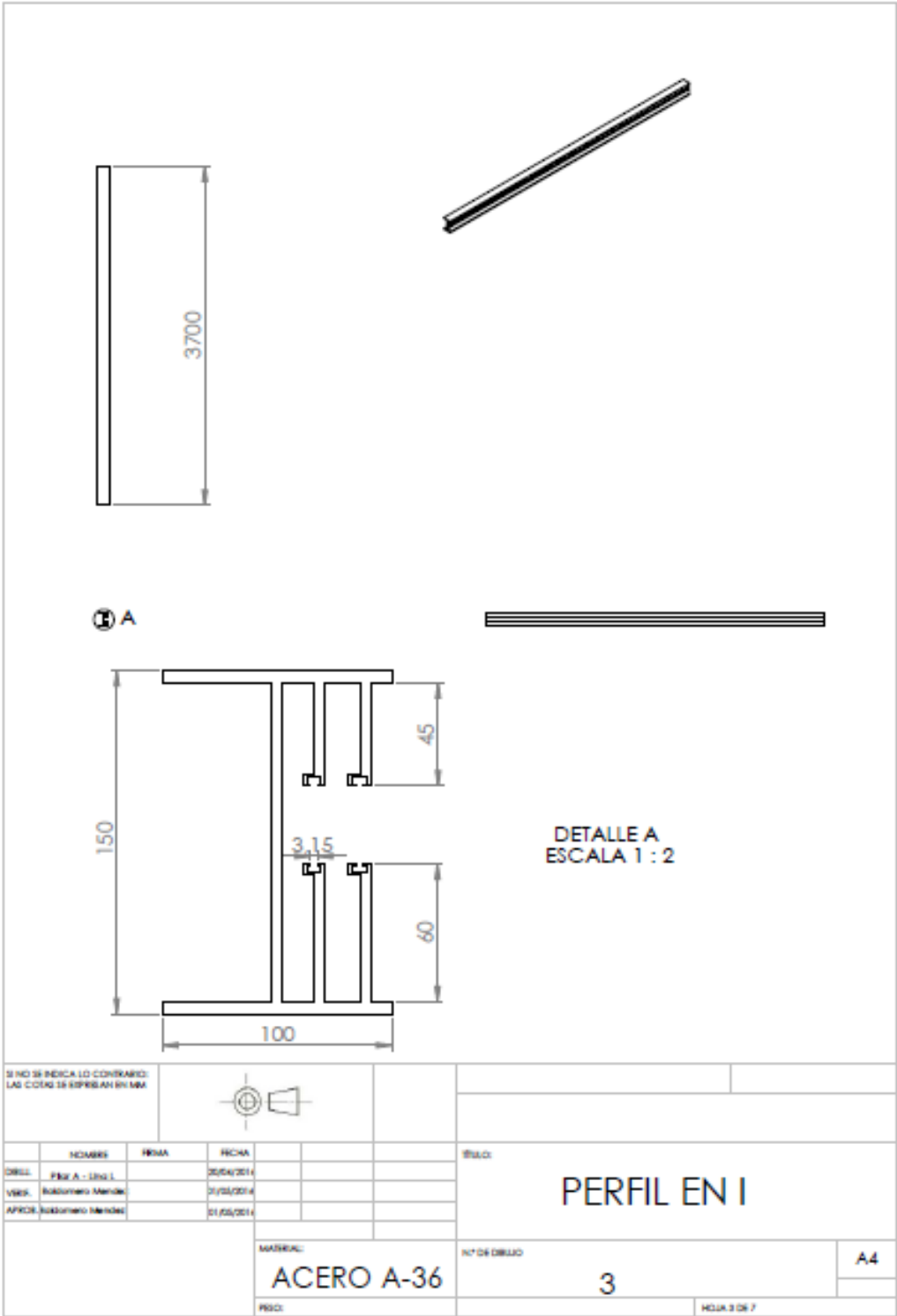
ANEXO L. Plano Ensamble



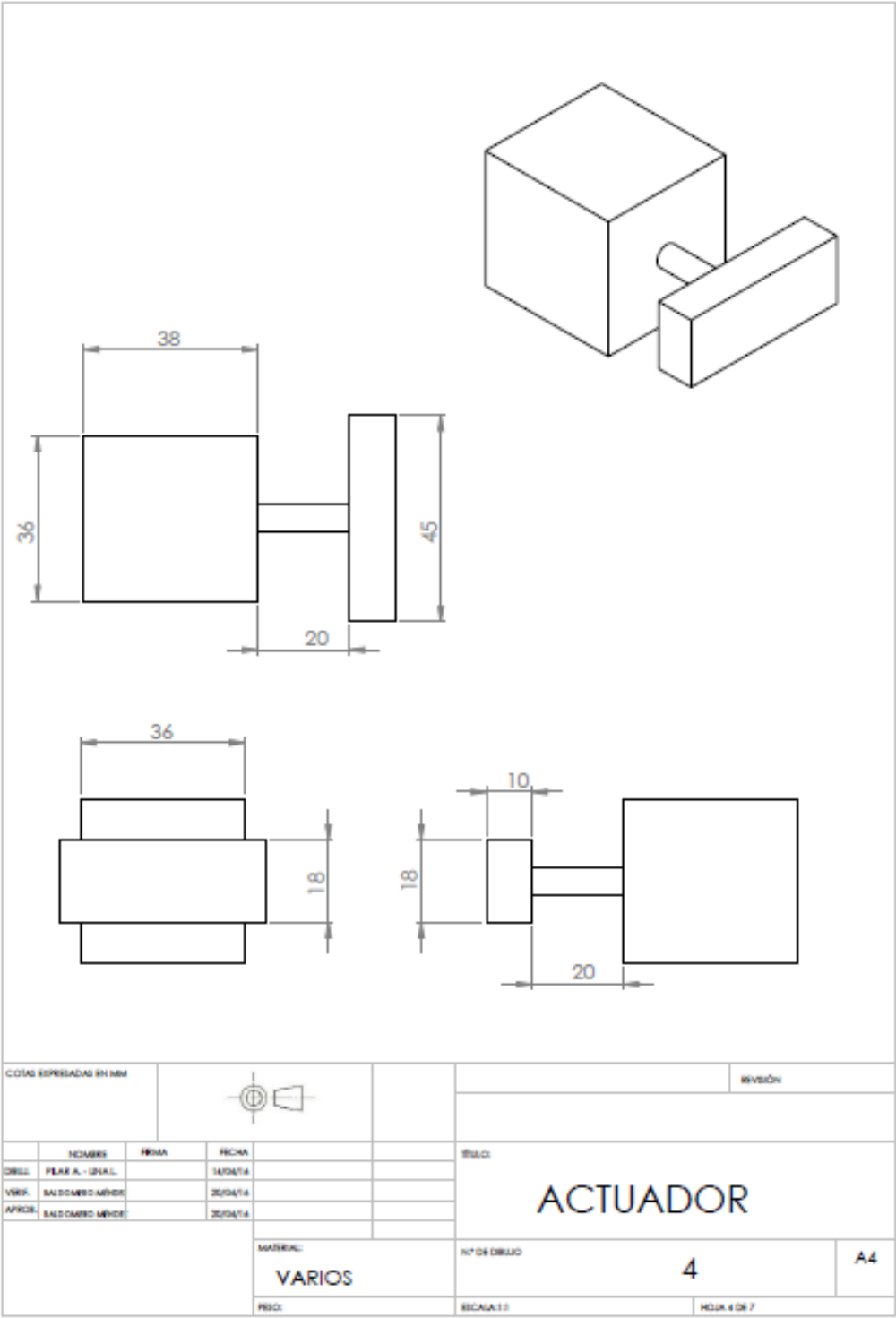
ANEXO M. Plano Explosionado



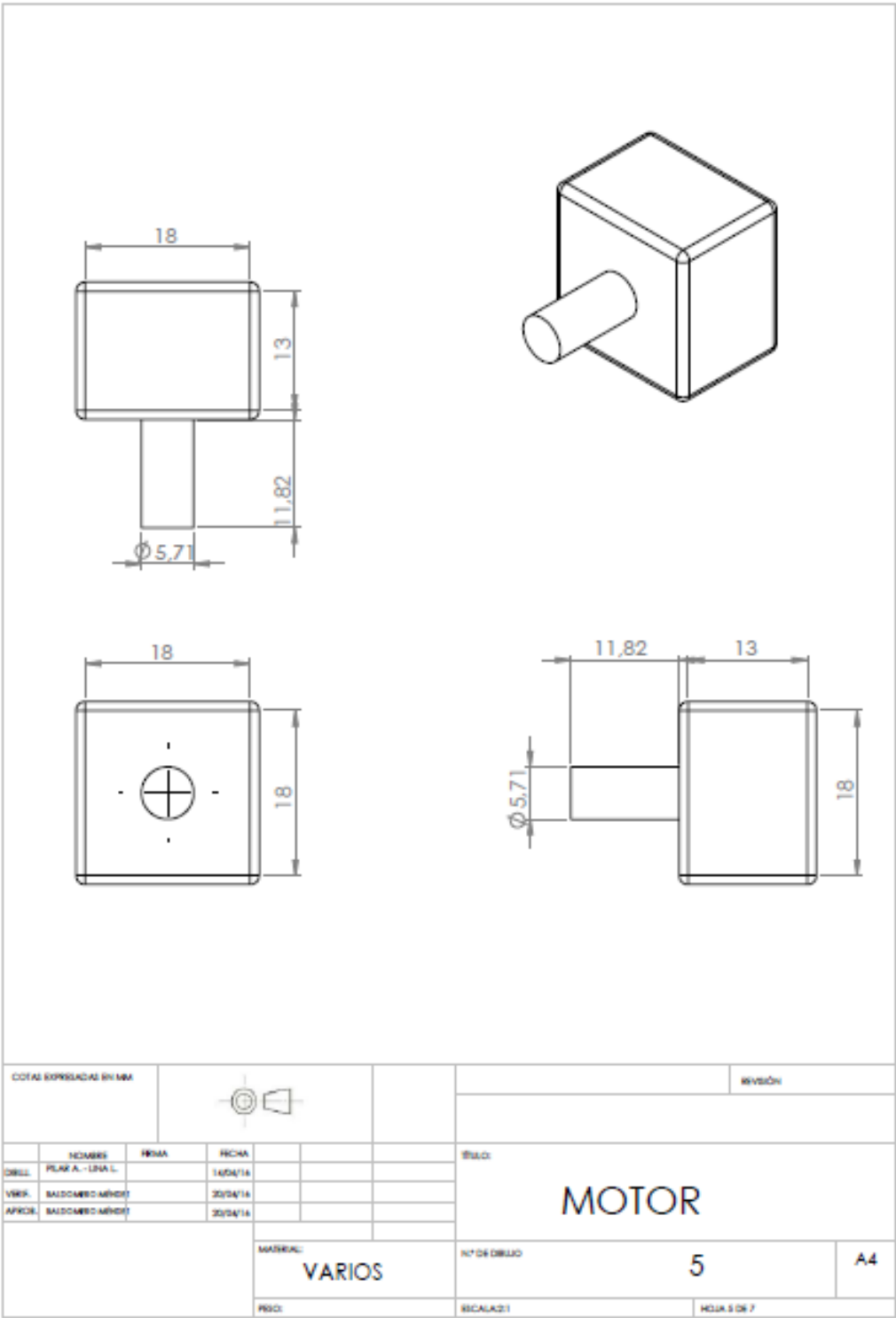
ANEXO N. Plano Perfil



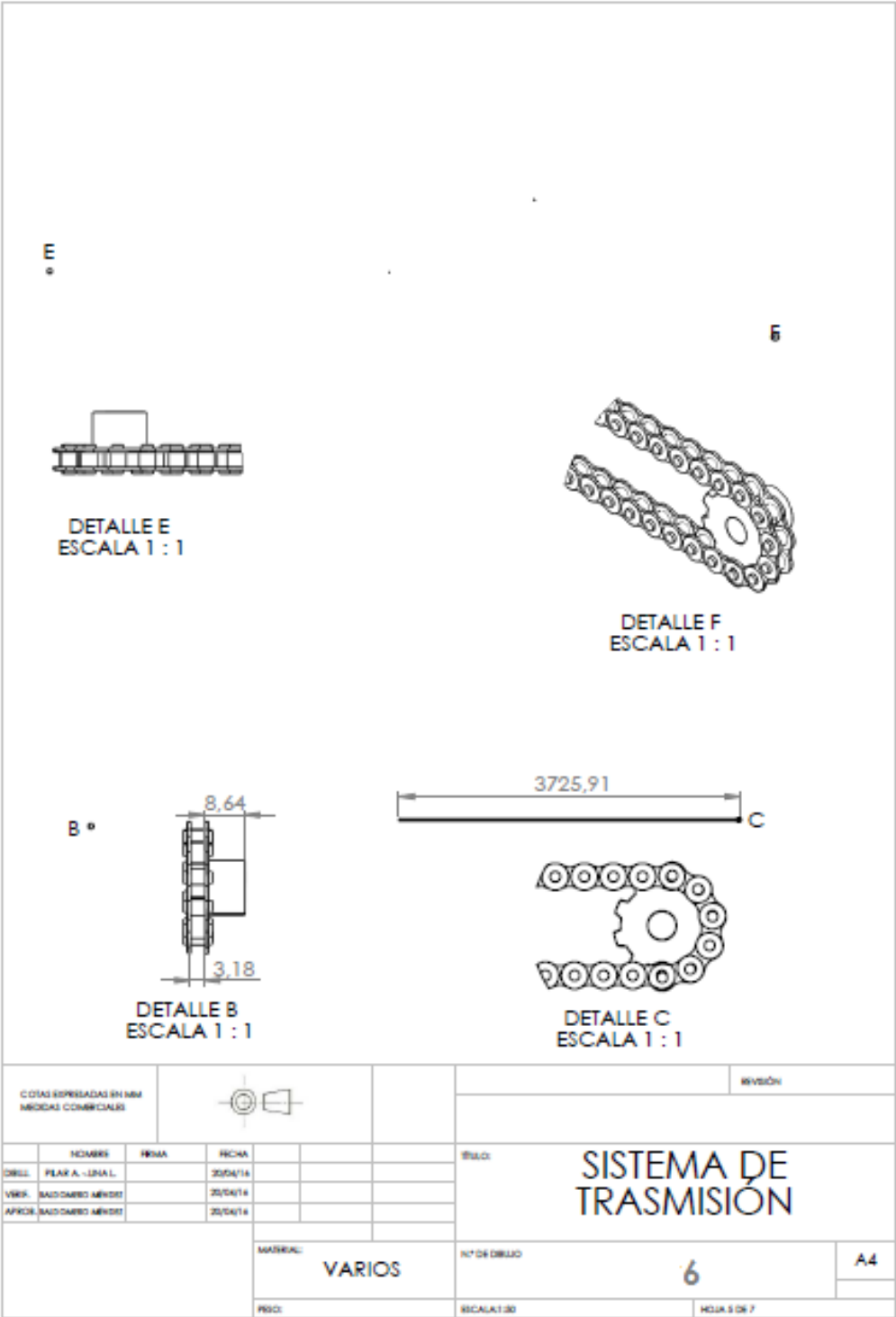
## ANEXO O. Plano Actuador



ANEXO P. Plano Motor



ANEXO Q. Plano Sistema Trasmisión





ANEXO R. Plano Piñón

